



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Cálculo de la cobertura de la red de transporte público en el Área Metropolitana de Barcelona mediante herramientas SIG

Treball realitzat per:

Víctor Gullón Altés

Dirigit per:

José Magín Campos Cacheda y María de las Nieves Lantada Zarzosa

Màster en:

Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Barcelona, junio de 2017

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

TREBALL FINAL DE MÀSTER

TÍTULO: Cálculo de la cobertura de la red de transporte público en el Área Metropolitana de Barcelona mediante herramientas SIG

AUTOR: Víctor Gullón Altés

TUTOR: José Magín Campos Cacheda y María de las Nieves Lantada Zarzosa

RESUMEN:

La realización de estudios de accesibilidad y conectividad son básicos para la planificación de una red de transporte público. Para ello, hay que definir muy claramente la diferencia entre ambos conceptos; accesibilidad es el tiempo empleado desde el origen de nuestro viaje hasta entrar en el medio de transporte público, mientras que conectividad es el tiempo empleado dentro del medio de transporte. Últimamente estos estudios se han llevado a cabo gracias a la ayuda de las herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG).

El presente trabajo presenta un modelo de accesibilidad mediante el uso del programa ArcGIS. Este modelo evalúa el tiempo total invertido en llegar desde una parcela hasta entrar en el medio de transporte público. Los medios de transporte considerados son el autobús, el tranvía, el metro, los ferrocarriles de la Generalitat y los trenes de RENFE. El ámbito de estudio es el Área Metropolitana de Barcelona (AMB).

El objetivo del trabajo es evaluar la accesibilidad de cada una de las parcelas existentes en el AMB, hallar la accesibilidad de los medios de transporte adaptados y la mejora de accesibilidad ocasionada con las nuevas infraestructuras de transporte público planificadas. También se evalúa la accesibilidad de equipamientos públicos relevantes, como los principales hospitales o los centros universitarios más relevantes.

Los resultados muestran una muy buena accesibilidad para el municipio de Barcelona y para la mayoría de municipios que conforman la primera corona. Sin embargo, la accesibilidad va disminuyendo a medida que uno se aleja de Barcelona llegando hasta límites inaceptables. Todos estos resultados son más exagerados en el caso de la accesibilidad adaptada, existiendo graves problemas para acceder a Barcelona desde los municipios de la segunda corona para las Personas con Movilidad Reducida (PMR). Respecto a las inversiones realizadas recientemente, la más rentable es el TRAMBAIX, mientras que de las futuras, la unión del tranvía por la Diagonal es la que muestra una mejora más baja. La Línea 9, por su parte, muestra una mejora ínfima de la accesibilidad, aunque esto es acorde con uno de los objetivos de la planificación de dicha línea, que consiste en la mejora de la conectividad en el municipio de Barcelona y no la de su accesibilidad.

Además, se ha realizado una encuesta de elección modal. Los resultados muestran una preferencia hacia los medios de transporte que proporcionan una mayor accesibilidad, especialmente para el uso más frecuente, mientras que en situaciones óptimas se premia más la comodidad del medio de transporte frente a su frecuencia de paso.

TITLE: Calculation of the public transport network coverage in the Metropolitan Area of Barcelona using GIS tools

AUTHOR: Víctor Gullón Altés

TUTOR: José Magín Campos Cacheda y María de las Nieves Lantada Zarzosa

ABSTRACT:

Realization of studies about accessibility and connectivity has been proved to be a key element in public transport planning. Accessibility can be defined as the time employed to reach the public transport from the origin point, while connectivity is the time spent inside the public transport. Lately, these studies have been carried out with the aid of Geographical Information Systems (GIS).

This study presents an accessibility model carried out with ArcGIS software. The model evaluates the total access time from a building to the public transport. The different modes of transport considered are the bus, the tramline, the underground and the trains from Generalitat and from RENFE. The field of study is the Metropolitan Area of Barcelona (AMB).

The objective of this study is to evaluate each of the existing parcels of the AMB, to obtain the accessibility of the adapted public transport and the increase in accessibility from the investments in public transport planned. It has also been evaluated the accessibility of the main public facilities, such as the most important hospitals or universities.

The results show a very good accessibility in the city of Barcelona and most of the cities forming the first crown. Nevertheless, there is a strong decrease of accessibility as one moves away from Barcelona reaching some unacceptable levels of accessibility in the outermost cities. Similar results can be found for the adapted accessibility, but making worse the existing problems. The main problem is found when a person with reduced mobility tries to go to Barcelona from a city located in the second crown. From the point of view of the infrastructures realized, the TRAMBAIX has proved to be the most efficient, while the junction of the existing tramlines through the Diagonal has shown the lowest increase of accessibility. Metro L9 shows an insignificant increase of accessibility, which is consistent with the objectives of its planning since it was created as an increase of the connectivity in Barcelona and not as an improvement of the accessibility.

Furthermore, a modal survey has been done. The results of the survey show a preference for the methods of public transport with higher accessibility, especially for everyday use, but for ideal situations it is more valuable the comfort of the transport method than its frequency.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a toda la gente que ha hecho posible la realización de este trabajo. Empezando por Magín y Nieves, mis tutores, que me han ayudado con sus consejos y me han guiado en este camino. También me gustaría agradecer al AMB por la información proporcionada y el trato recibido, especialmente a Eloi. Finalmente, me gustaría agradecer el soporte moral recibido por mi familia a lo largo de este trabajo y de toda la carrera, ya que sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta aquí. Muchas gracias a todos.

Índice

1	Introducción	6
2	Objetivos y metodología	8
3	Modelo de accesibilidad.....	10
3.1	Antecedentes históricos.....	10
3.1.1	Tipos de modelo de accesibilidad	10
3.1.2	Modelos de accesibilidad del transporte público	11
3.2	Modelo empleado.....	13
3.2.1	Índice de Accesibilidad (IA)	13
3.2.2	Equivalent Doorstep Frequency (EDF)	15
3.3	Ámbito de estudio.....	16
3.3.1	Características del Área Metropolitana de Barcelona	16
3.3.2	Medios de transporte disponibles	20
3.3.3	Geografía	21
3.3.4	Zonas de estudio	22
3.4	Obtención de datos.....	24
3.5	Aplicación del modelo y obtención de resultados	26
3.5.1	Índice de Accesibilidad y Equivalent Doorstep Frequency.....	26
3.5.2	Accesibilidad equipamientos.....	35
3.5.3	Resultados	38
3.6	Comparación con otros modelos de accesibilidad.....	38
4	Encuesta	40
5	Análisis de resultados.....	42
5.1	Radio de influencia.....	42
5.2	Comparación IA y EDF	43
5.3	Mapa de accesibilidad	43

5.4	Análisis de las zonas de estudio	44
5.5	Accesibilidad equipamientos.....	56
5.5.1	Hospitales	56
5.5.2	Universidades	59
5.6	Accesibilidad adaptada.....	62
5.7	Últimas inversiones y futuras inversiones.....	64
6	Conclusiones	67
7	Líneas de futura investigación.....	71
8	Referencias	73

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de los municipios que conforman el Área Metropolitana de Barcelona (AMB)	16
Figura 2. Evolución de la demanda y oferta del transporte público en el último lustro	19
Figura 3. Evolución del número de desplazamientos en la última década	19
Figura 4. Repartimiento modal del número de desplazamientos según el tipo de transporte usado	20
Figura 5. Mapa con las zonas de estudio usadas en el presente trabajo	23
Figura 6. Algoritmo del modelo de accesibilidad usado en el ArcGIS	28
Figura 7. Polígonos de influencia del TRAMBAIX generados a partir del algoritmo del modelo	29
Figura 8. Cálculo realizado para obtener el tiempo de desplazamiento	29
Figura 9. Cálculo usado para obtener el tiempo de espera	30
Figura 10. Cálculo usado para obtener la variable auxiliar	30
Figura 11. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los distritos de Barcelona	45
Figura 12. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los distritos de Barcelona	45
Figura 13. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los municipios de la primera corona	48
Figura 14. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los municipios de la primera corona	48
Figura 15. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los municipios de la segunda corona	52
Figura 16. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los municipios de la segunda corona	52
Figura 17. División tarifaria actual en el AMB	55
Figura 18. División tarifaria propuesta en el AMB	55

Índice de tablas

Tabla 1. Municipios que conforman el AMB con su población, superficie y densidad de población	17
Tabla 2. Zonas de estudio con su población, superficie y densidad	23
Tabla 3. Porcentajes de área de cada zona de estudio bajo unos límites del índice de accesibilidad	33
Tabla 4. Porcentajes de población de cada zona de estudio bajo unos límites de accesibilidad	34
Tabla 5. Número de líneas de cada medio de transporte disponibles para los hospitales del AMB	36
Tabla 6. Número de líneas de cada transporte disponibles para los centros universitarios en el AMB	37
Tabla 7. Preferencia de medio de transporte según los resultados obtenidos de la encuesta	40
Tabla 8. Uso de cada medio de transporte según los resultados obtenidos de la encuesta	40
Tabla 9. Hospitales en el AMB con el número de líneas disponibles, su peso relativo, su IA y su EDF	56
Tabla 10. Porcentaje de preferencia y peso relativo de cada medio de transporte según la encuesta de elección modal realizada	58
Tabla 11. Centros universitarios en el AMB con el número de líneas disponibles, su peso relativo, su IA y su EDF	60

1 Introducción

El gran crecimiento de la movilidad en las grandes áreas metropolitanas ha creado la necesidad de disponer de una red de transporte público acorde a las necesidades de la población y que aporte un servicio eficiente y útil. La sociedad cada día necesita moverse más para alcanzar sus necesidades básicas como ir al trabajo y comprar o, simplemente, para un uso recreativo. Consecuentemente, la administración debe encargarse de proporcionar un servicio fiable y suficientemente bueno para cubrir las necesidades de la ciudadanía.

Proporcionar un buen sistema de movilidad no se basa únicamente en disponer de una extensa red de transporte bien interconectada y con un buen servicio, sino también consiste en analizar el funcionamiento de la red existente, evaluar sus puntos fuertes y débiles y realizar una planificación que intente adaptarse a las necesidades cambiantes de la población. Mientras que el primer punto es una consecuencia de una serie de actuaciones históricas de motivación económico-políticas y es generalmente inamovible (a excepción de la red de autobuses), el segundo punto resulta de gran interés ya que será determinante en el porvenir de la red de transporte a medio-largo plazo. Así pues, éste no debería ser basado únicamente en motivos político-económicos, sino también en motivos técnicos que permitan discernir cuál es la actuación más óptima o la que conlleve una mayor rentabilidad social.

Uno de los elementos más generalizados y empleados para el análisis de red de transporte y su planificación son modelos de accesibilidad y conectividad los cuales proporcionan a partir de unos pocos datos de entrada unos mapas y resultados fáciles de interpretar. Estos permiten asesorar la toma de decisiones en el ámbito de la movilidad. Estos modelos están sufriendo un gran crecimiento en los últimos años ya que se basan en herramientas informáticas cuyo crecimiento va asociado con la potencia de los ordenadores disponibles. Así pues, a día de hoy una vez se dispone del modelo es posible analizar la red de transporte de un área metropolitana en unas pocas horas cuando antes el cálculo podía llegar a tardar días o semanas.

Como se ha mencionado anteriormente, estos modelos se basan en dos características principales; la accesibilidad y la conectividad. La **accesibilidad** se define como la facilidad que tiene un usuario para acceder a la red de transporte desde un punto de partida (generalmente su hogar o lugar de trabajo). Se halla intrínsecamente relacionado con la cobertura espacial de la red de transporte, pero también añade el tiempo de espera en las estaciones para el caso del transporte público. Este parámetro permite conocer, básicamente, el área y población a la que la red de transporte da servicio. O, en otras palabras, cuál es la población y zonas que disponen

de acceso al transporte público. Por el otro lado, la **conectividad** se define como la facilidad para moverse dentro de la red de transporte una vez se ha accedido a ella. Por tanto, este parámetro nos determina el área a la que se puede acceder desde una parada y con un límite de tiempo. Esto nos permite conocer lo bien configurada que está la red ya que cuanto mayor sea el área obtenida, a mayor territorio se puede acceder para el mismo coste o que para acceder al mismo punto el coste será menor. Ambos parámetros resultan muy importantes para el correcto funcionamiento de la red de transporte, ya que interesa que la red pueda ser usada por la mayor cantidad de gente y zonas y que el tiempo empleado para ir de un punto a otro cualquiera sea el menor posible. Así pues, combinando ambos parámetros se puede analizar la calidad del servicio de movilidad proporcionado, hallar sus puntos débiles y fuertes y planificar las futuras actuaciones en la red de transporte. Estos conceptos son objetivos que se han mencionados anteriormente y que la administración debería considerar para determinar sus futuras actuaciones.

El objetivo del presente trabajo es presentar una herramienta que permita la evaluación de la accesibilidad de la red de transporte público en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB). El AMB es un ámbito territorial compuesto por Barcelona y 35 municipios de su alrededor con una superficie de 636 km². Este modelo está basado en el *Public Transport Accessibility Level (PTAL)* realizado por Transport for London, aunque adaptándolo a la realidad de la región de Barcelona y a los datos disponibles. Se debe tener en mente que esta herramienta por sí sola no permite analizar la red de transporte ya que no considera ningún elemento de conectividad, así pues, los resultados obtenidos deben tenerse en cuenta con dicha limitación.

2 Objetivos y metodología

El principal objetivo de este trabajo es la realización de una herramienta que permita la evaluación de la accesibilidad del transporte público en toda el Área Metropolitana de Barcelona (AMB). El AMB es un ámbito territorial compuesto por Barcelona y 35 municipios de su alrededor con una superficie de 636 km². Así pues, el resultado a esperar es un mapa de toda la región del AMB en el cual cada parcela disponga de un valor que determine su accesibilidad. Este valor se obtendrá a partir del modelo de accesibilidad empleado, el cual proporcionará dos índices; el Índice de Accesibilidad (IA), que informa del tiempo mínimo que se tarda desde una parcela para acceder a la red de transporte público, y el Equivalent Doorstep Frequency (EDF), que indica la frecuencia ficticia del transporte público para una parcela en el caso de que el tiempo de desplazamiento hacia la estación fuera cero. Mientras el primer indicador sólo considera la estación más cercana y con mejor frecuencia, el segundo nos permite ver también el número de estaciones de distintos medios de transporte disponible y, a la vez, las zonas con mayor potencialidad de intercambio modal. Para poder cuantificar mejor los resultados obtenidos, se realiza una evaluación en unas zonas de estudio que se definirán a lo largo del trabajo. En estas zonas se evaluará la accesibilidad a partir del área y población abastecidas y según unos límites de calidad que se impondrán.

A partir de estos resultados iniciales ya será posible extraer unas primeras conclusiones, como cuáles son las zonas de estudio más accesibles y cuáles las peores. También se podrá ver en un nivel más local y ver qué puntos tienen más importancia para acceder al transporte público y qué puntos están más alejados y requieren de una actuación, ya sea ésta una mejora del servicio prestado o el aumento del número de aparcamientos disponibles. Sin embargo, el objetivo de este estudio no se limita únicamente a eso. Se pretende encontrar el mismo mapa de accesibilidad para las estaciones de transporte público adaptadas, es decir, con las facilidades necesarias para que sean usadas para toda la población, en particular para el colectivo de personas con movilidad reducida (PMR). A partir de este mapa, y combinándolo con el mapa de accesibilidad global, se podrá obtener las zonas donde existe una pérdida de accesibilidad para el colectivo PMR pudiendo llegar a obtener una pérdida total de accesibilidad. Esto resulta interesante si se desea no sólo ofrecer un servicio de calidad y eficiente, sino que también equitativo e igualitario.

Otro objetivo es la evaluación de la accesibilidad de ciertos equipamientos públicos importantes para la sociedad, como son los hospitales o los centros universitarios. Esta evaluación se realizará a partir de los valores obtenidos para las parcelas donde están ubicados, pero además

se añadirá otro indicador que indique el número y tipo de estaciones disponibles en un radio de influencia considerado previamente. Este segundo indicador permitirá dar un concepto básico de la conectividad disponible en dichos equipamientos, ya que, a mayor número de estaciones disponibles, mayor número de rutas distintas existirán y desde más puntos distintos podrá ser accedido.

Finalmente, se pretende evaluar cuál ha sido y sería el efecto de la creación de nuevas infraestructuras para el transporte público en términos de accesibilidad. Es decir, obtener cuál es la reducción del tiempo que acceso que han causado o causarían y qué zonas han obtenido u obtendrían accesibilidad a la red gracias a ello. Para ello, se ha decidido analizar la reciente línea 9 del metro, la cual todavía se encuentra en proceso de construcción, y también el impacto causado por la introducción del tranvía y cuál sería la repercusión de su unión considerando distintas alternativas, como sería que hicieran la unión por la Diagonal o por el Eixample.

Todos estos resultados no pretenden más que dar una base y un ejemplo de lo que los modelos de accesibilidad pueden lograr mediante la ayuda de las nuevas tecnologías y cómo pueden servir para analizar las redes de transporte y ayudar a su planificación. Todo ello a partir de un reducido coste y con alto potencial e innumerables opciones. El autor considera que invertir en realizar un buen modelo acorde a la zona de estudio puede suponer una gran ayuda y mejora en la planificación y funcionamiento de la red de transporte a medio-largo plazo, ya que permitiría entender mejor el funcionamiento de la misma y actuar consecuentemente a partir de motivos económico-político-técnicos.

3 Modelo de accesibilidad

3.1 Antecedentes históricos

3.1.1 Tipos de modelo de accesibilidad

Históricamente, se han clasificado los indicadores de accesibilidad a partir de la teoría en la cual se basan. Todos reflejan el mismo concepto de accesibilidad, pero evalúan distintas propiedades de la red a analizar. La gran mayoría de indicadores pueden ser agrupados en los siguientes grupos (Papa, Silva, te Brömmelstroet, & Hull, 2016):

- Medidor de separación espacial. El índice de accesibilidad es calculado a través de un único parámetro, generalmente la longitud, aunque también es usado el tiempo. La accesibilidad de un punto es, por lo tanto, la distancia a recorrer para llegar hasta el destino. En el estudio presente éste sería la distancia entre una parcela y la estación del transporte público. A menor distancia a recorrer, mejor accesibilidad tendrá el punto inicial.
- Medidor acumulador de oportunidades. Este índice de accesibilidad parte de un valor de distancia o tiempo y calcula el número de destinos que se pueden alcanzar con esa restricción. En el caso actual sería el número de estaciones accesibles con un límite de distancia. A mayor número de destinos alcanzables para un mismo límite de distancia, mayor accesibilidad dispondrá ese punto.
- Medidor de gravedad. La base de este indicador es análoga a la del medidor acumulador de oportunidades, aunque cada destino alcanzable es multiplicado por un parámetro. Este parámetro generalmente es una función de impedancia basada en el tiempo o distancia necesario para alcanzar dicho destino. De modo que los destinos más cercanos al punto inicial reciben un mayor peso reflejando así su mayor accesibilidad.
- Medidor de utilidad. Este indicador está basado en la teoría de la utilidad e intenta simular la elección de una persona a la hora de escoger destino. Se trata de un modelo probabilístico y, por lo tanto, requiere de un estudio de campo anterior a su aplicación. Su unidad de medida es generalmente el dinero. Dicho modelo da mayores valores de accesibilidad a los destinos que el usuario considere que le supondrán un mayor beneficio, es decir, que le serán más útiles. De este modo, el índice de accesibilidad sería la utilidad de la que dispondría un punto de inicio a partir de los destinos alcanzables.

Los medidores de separación espacial y acumuladores de oportunidades son modelos más sencillos y, por lo tanto, de más fácil aplicación e interpretación. Esto resulta muy útil para realizar una primera aproximación de la accesibilidad, ya que permite obtener resultados a partir de pocos parámetros y con un coste computacional muy reducido. Por otro lado, el modelo de gravedad supone una mayor sofisticación del acumulador de oportunidades y, por lo tanto, refleja mejor la realidad. Sin embargo, los resultados obtenidos no son ningún parámetro físico por lo que dificulta su comprensión e interpretación. A parte, se debe fijar la función de impedancia, lo que no resulta trivial. Finalmente, el medidor de utilidad está basado en la elección personal, por lo que los resultados obtenidos difieren sutilmente de los obtenidos en los otros casos. Esto le hace muy interesantes si interesa conocer el comportamiento de la población, pero puede resultar confuso para entender la accesibilidad. Además, su obtención resulta más laboriosa debido al trabajo de campo necesario previo a su implementación convirtiéndolo en una opción poco interesante para primeras aproximaciones.

El modelo usado en este estudio presenta dos indicadores de accesibilidad; el índice de accesibilidad (IA) y el Equivalent Doorstep Frequency (EDF). El primero se trata de un medidor de separación espacial ya que mide el tiempo mínimo de acceso de una parcela a la red de transporte público. Sus unidades son de tiempo y usa el tiempo de desplazamiento a la estación de metro y le añade el tiempo de espera para así premiar a los medios de transporte con mayor frecuencia de paso. El EDF podría ser considerado un medidor de gravedad, ya que realiza la suma de las frecuencias de cada estación disponible en un radio de influencia considerando que el tiempo de desplazamiento es nulo. Así pues, se consideran las estaciones en un radio de influencia (acumulador de oportunidades), pero cada estación suma según el tiempo que se tarda en acceder a ella, dando mayor peso a las más cercanas. Esto permite ver las diferencias entre los indicadores usados, donde uno define la facilidad para acceder a la red de transporte público (IA) y el otro da información también sobre la variedad de opciones disponibles (EDF).

3.1.2 Modelos de accesibilidad del transporte público

A continuación se definirán algunos de los modelos de accesibilidades al transporte público existentes en la actualidad.

Public Transport Accessibility Level (Transport for London, 2015)

Esta herramienta fue desarrollada por Transport for London para ayudar a la planificación del transporte público y elementos urbanísticos en la región metropolitana de Londres. Se trata de un modelo de gravedad y se basa en hallar la frecuencia del transporte público para una parcela si el tiempo de desplazamiento fuese cero. Para ello, se calcula el tiempo medio de acceso de cada parcela hasta una serie de estaciones de transporte público dentro de un límite espacial. Este tiempo está formado por el tiempo empleado para ir de la parcela hasta la estación en cuestión más el tiempo esperando en la estación hasta la llegada del transporte público. Entonces, a partir de este tiempo de acceso se encuentra la denominada *Equivalent Doorstep Frequency (EDF)*, la cual es la frecuencia considerando que el tiempo de acceso calculado es el tiempo de paso del transporte público. Finalmente, se hace una suma ponderada de las EDF de los transportes públicos dentro del rango influencia, donde la EDF mayor es ponderada por un peso equivalente a la unidad y las otras EDF son ponderadas por un peso igual a un medio. Este

método pretende evaluar las distintas opciones disponibles para el transporte público en una parcela, pero considerando que muy probablemente la mayoría de gente acceda a la estación con mejor accesibilidad. De este modo se obtiene el Indicador de Accesibilidad tal y como se muestra en la ecuación (1), el cual es posteriormente clasificado en 9 grupos según el valor numérico obtenidos, definiendo así qué zonas presentan mejor y peor accesibilidad.

$$EDF = \frac{1}{2} \sum 1 \cdot \frac{60}{(t_{walking} + t_{waiting})_{min}} + 0,5 \cdot \frac{60}{(t_{walking} + t_{waiting})_i} \quad (1)$$

El medio de la ecuación (1) corresponde a la esperanza del tiempo de espera de un transporte público, que equivale a la mitad del inverso de su frecuencia. La frecuencia se define como el número de veces que pasa un transporte por unidad de tiempo y su inverso es el intervalo de paso. En este caso se trata de la frecuencia horaria, así pues, es una hora dividido por el período de paso del transporte (tiempo de acceso para el caso considerado).

Este método no sólo es empleado para evaluar y planificar el transporte público, sino que también se usa para la planificación de ciertos elementos urbanísticos. Ejemplo de ello es la determinación de las zonas donde se puede realizar un desarrollo urbanístico más intenso (zonas bien dotadas de accesibilidad) o la limitación del número de aparcamiento disponibles por zona (la cual está inversamente relacionada con la accesibilidad de dicha zona). Es un método que ya presenta muchos años de desarrollo e implementación, por lo que se puede considerar como válido y una buena base para la creación de nuevos modelos.

El PTAL también contiene un indicador de la conectividad de la red de transporte público. Este indicador da el área que se puede acceder desde un punto de la región metropolitana con un límite de tiempo. Esto resulta muy útil para equipamientos público como hospitales, donde interesa que la población a la que teóricamente abastece pueda acceder con menos de un número fijo de minutos. Sin embargo, este indicador no interesa para el presente trabajo y en los próximos modelos sólo se hablará del indicador de accesibilidad ignorando la existencia de la conectividad.

Weighted Access for Local Catchments (University of Westminster) (Jones, Titheridge, Wixey, & Christodoulou, 2006)

El objetivo de esta herramienta es el estudio de las rutas que la gente realiza al andar para acceder al transporte público. Esto lo realiza mediante la consideración de distintas características del tejido urbano, las cuales pondera a partir de una serie encuestas realizadas a la población. A partir de estos pesos realiza mapas de accesibilidad de las estaciones de transporte público. Entre las características que se tienen en consideración hay la pendiente de la calle, la luminosidad por la noche, el flujo de coches que hay en la calle en cuestión (tiempo empleado para cruzar la calle) y el tipo de estación a acceder (se considera que cierta gente andará más para acceder a estaciones mejor dotadas). Se trata, pues, de un medidor de separación especial, ya que la unidad de medición es el tiempo empleado para acceder a una estación de transporte público. La principal diferencia con los modelos tradicionales es la variación de la velocidad al andar según las características de la calle. Su pretensión es simular de forma más acorde a la realidad la accesibilidad cuando se usa el andar como medio de

transporte. Este modelo puede resultar interesante ya que, aparte de proporcionar una accesibilidad más representativa de la realidad, también permite ver cuáles son las principales vías de acceso al transporte público y actuar en función a ello.

Esta herramienta se encuentra todavía en fase experimental y aunque los resultados no son extrapolables a otras situaciones (sería necesario realizar una encuesta a la población para cada caso), puede servir como un punto de partida para la realización de modelos más complejos que no sólo tengan en cuenta la distancia a recorrer y el tiempo a esperar, sino también la geografía y características de las zonas a recorrer. Además, conocer las principales vías de acceso al transporte público puede servir para el emplazamiento de nuevas estaciones de modo que sean más útiles para la sociedad o para dotar de mejores características zonas con potencialidad, pero malas características.

Existen más modelos que determinan la accesibilidad del transporte público, como el *Structural Accessibility Layer* (Ferreira da Silva, 2008), el *Accessibility Tool for Road and Public Transport Travel Time Analysis* (Larsson & Elldér, 2014) o el *Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility* (Hull & Karou, Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility (SNAPTA), 2012), aunque la mayoría de ellos hacen referencia a la conectividad en su definición. Por ello no serán comentados, ya que no resultan útiles para el presente modelo. Sin embargo, (Papa, Silva, te Brömmelstroet, & Hull, 2016) hacen una recopilación de los modelos de accesibilidad más destacados en Europa. Los modelos son comentados brevemente y clasificados según el tipo, su utilidad y sus características. (Hull, Silva, & Bertolini, COST Action TU1002 - Accessibility instruments for Planning Practice, 2012), por otra parte, realizan una revisión más extensiva de un gran número de modelos con su explicación pertinente y las tendencias actuales en Europa.

3.2 Modelo empleado

3.2.1 Índice de Accesibilidad (IA)

La accesibilidad es definida como el tiempo empleado por un usuario para acceder a una red de transporte, en este caso, a la red de transporte público. En el supuesto que sólo existiera un único medio de transporte, este tiempo estaría formado únicamente por dos variables; el tiempo empleado por el usuario para ir desde el punto de partida (su hogar generalmente) hasta la estación de transporte público más el tiempo de espera del usuario en la estación hasta que llega el medio de transporte. Así pues, inicialmente el Índice de Accesibilidad (IA) se puede definir como la suma de ambos componentes, tal y como se muestra en la ecuación (2).

$$IA_i = t_{walking} + t_{waiting} \quad (2)$$

Para calcular el tiempo empleado para llegar hasta la estación de transporte público ($t_{walking}$) se ha supuesto que la gente se desplaza andando. Esta suposición refleja bastante bien la realidad además de potenciar el concepto de accesibilidad autosuficiente, ya que si una persona necesita de otro medio de transporte para acceder al transporte público eso significa que el transporte

público no es realmente accesible para esa persona en cuestión. La velocidad al andar se ha considerado igual a 75 m/min, que equivale a 4,5 km/h. El indicador de accesibilidad es para cada parcela, así pues el tiempo de desplazamiento es la distancia que hay entre una parcela y una estación de transporte público dividido por la velocidad al andar. Se ha considerado la distancia a través de la red de calles para así simular más fielmente la realidad.

Para el tiempo de espera se ha considerado el tiempo medio de espera, lo que equivale a la mitad del tiempo de paso. El tiempo de paso varía según la hora considerada, ya que la mayoría de transporte público se adapta a las horas punta y valle. En este trabajo se ha decidido considerar la accesibilidad media a lo largo del día por lo que se ha usado la media aritmética de los períodos de paso a lo largo del día. Para ello, se ha calculado el número total de expediciones del transporte a lo largo del día y se ha dividido el número total de horas de servicio por el número de expediciones.

Todo lo expuesto anteriormente es bajo el supuesto que sólo existe un único medio de transporte. Sin embargo, en la realidad existen distintos medios, por lo que la fórmula se deberá adaptar. La adaptación ha sido realizada mediante dos acciones; en las estaciones de un mismo medio donde concurrían dos líneas distintas, se ha sumado el número de expediciones de ambas líneas y se ha calculado el nuevo tiempo de paso en función de este número de expediciones totales. Luego, una vez obtenido el tiempo de acceso para todas las estaciones dentro del radio de influencia de una parcela, se ha usado el tiempo de acceso mínimo obtenido para todo el conjunto. La motivación detrás de esta elección recae en que interesa el menor tiempo de acceso desde una parcela, ya que esa será probablemente la opción prioritaria para un usuario. La fórmula para más de un medio de transporte para el IA se muestra en la ecuación (3).

$$IA = \min_i(IA_i) \quad (3)$$

En la literatura existe mucha discrepancia sobre los radios de influencia a considerar para cada medio de transporte. La ATM (Autoritat del Transport Metropolità, 2002) propone los siguientes valores;

- Autobús → 250 metros
- Tranvía → 400 metros
- Metro y FGC-urbano → 500 metros
- FGC y RENFE interurbano → 800 metros

Sin embargo, muchos otros autores (García-Palomares, Gutiérrez, & Cardozo, 2013) han considerado otros radios de influencia mayores;

- Autobús → 400 metros
- Tranvía, Metro, FGC y RENFE → 800 metros

Realmente no existe ninguna base empírica para la justificación de dichos valores, por lo que inicialmente se ha procedido a realizar el análisis con ambos valores. Más adelante se justificará qué valores se han considerado para el análisis final. Sin embargo, considerando que sólo se

considerará el tiempo de acceso mínimo y los otros valores serán desestimados, parece que a priori la influencia de dichos valores en el resultado final será mínima.

3.2.2 Equivalent Doorstep Frequency (EDF)

El Equivalent Doorstep Frequency (EDF) es la frecuencia de paso del transporte público por una parcela si se considera que el tiempo de desplazamiento es cero. Eso significa que el tiempo de desplazamiento de la parcela a la estación de transporte público será sumado al tiempo de paso y se obtendrá la frecuencia media horaria para dicho medio de transporte. Para el caso de un único medio de transporte, la fórmula del EDF se muestra en la ecuación (4).

$$EDF_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{60}{t_{walking,i} + t_{waiting,i}} \quad (4)$$

Es directo ver que, para este caso, el IA y el EDF representan lo mismo, ya que uno es el inverso del otro multiplicado por un parámetro fijo. Sin embargo, para el caso de más de un medio de transporte, el EDF se calculará como la suma de los distintos valores de EDF accesible por una parcela multiplicado por unos parámetros que actuarán como pesos. Se considerará únicamente un EDF por medio de transporte para evitar así sumar estaciones de una misma línea. Los pesos empleados son los mismos que los usados en el PTAL de Londres por falta de información al respecto. Estos pesos es la unidad para la estación con mayor EDF y una mitad para el resto de estaciones disponibles. Así pues, la fórmula para distintos medios de transporte del EDF es la mostrada en la ecuación (5).

$$EDF = 0,5 \cdot \max_i(EDF_i) + 0,5 \cdot \sum_i EDF_i \quad (5)$$

Los radios de influencia empleados para cada medio de transporte son los mismo que los empleados para el IA.

El uso de dos indicadores distintos de accesibilidad tiene como objetivo obtener una información más completa sobre el transporte público. Mientras que el IA da el menor tiempo de acceso de una parcela a la red de transporte público y, por tanto, cuál es la proximidad de esa parcela a la red, el EDF muestra también una idea sobre la cantidad de medios de transporte disponibles y de su proximidad. Es decir, si una parcela muestra un valor muy bueno de IA, pero uno muy semejante de EDF, significa que esa parcela tiene una única buena conexión a la red de transporte público (una estación cercana y buena frecuencia). En cambio, si muestra un valor de EDF muy elevado también significa que dispone de distintas opciones para acceder al transporte público todas ellas con buena accesibilidad. Lo mismo sucede para el caso opuesto, una parcela con mal IA y mal EDF significa que dispone de una única estación lejana o con mala frecuencia. Si, por el contrario, muestra un valor de EDF considerablemente mejor, significa que sigue

tardando en acceder al transporte público, pero, por lo menos, dispone de varias opciones entre las que escoger.

3.3 *Ámbito de estudio*

3.3.1 Características del Área Metropolitana de Barcelona

El ámbito de estudio del presente trabajo es la denominada Área Metropolitana de Barcelona, más comúnmente referida como AMB. El Área Metropolitana de Barcelona (Figura 1) es una conurbación formada por 36 municipios los cuales tienen como núcleo la ciudad de Barcelona. Se trata de una de las regiones metropolitanas más pobladas de Europa con un total de 3,2 millones de habitantes. Dispone de un total de 636 km², por lo que su densidad de población es de 5.093 hab/km². Sin embargo, sólo el 48% del suelo está urbanizado, por lo que la densidad real es muy superior. La lista completa de los municipios que conforman el AMB y sus respectivas poblaciones, superficies y densidades son mostrados en la Tabla 1.



Figura 1. Mapa de los municipios que conforman el Área Metropolitana de Barcelona (AMB)

El AMB nace en julio de 2011 en base a la ley 31/2010 del Parlamento de Cataluña, como división territorial y como entidad de la administración público con competencias en distintos ámbitos. Sus competencias en el ámbito del transporte son el transporte urbano colectivo en superficie, con excepción del tranvía, la prestación del servicio de metro y transporte público subterráneo de viajeros, la ordenación del servicio de taxi, la aprobación del Plan metropolitano de movilidad urbana, la definición de la red viaria básica metropolitana y su gestión conjuntamente con la Generalitat, la ordenación y gestión de transporte de viajeros con finalidades culturales y turísticas, la promoción del transporte sostenible y la gestión de las rondas de Barcelona. Sin embargo, en términos referentes al transporte, ya existía con anterioridad una entidad encargado de su gestión, la denominada Entidad Metropolitana del Transporte (EMT), la cual era constituida por una parte de los municipios del actual AMB.

Tabla 1. Municipios que conforman el AMB con su población, superficie y densidad de población

Municipio	Población	Superficie (km2)	Densidad
Badalona	215.634	21,2	10.171,42
Badia del Vallès	13.482	0,9	14.980,00
Barberà del Vallès	32.832	8,3	3.955,66
Barcelona	1.608.746	101,3	15.881,01
Begues	6.736	50,4	133,65
Castellbisbal	12.277	31,0	396,03
Castelldefels	64.892	12,9	5.030,39
Cerdanyola del Vallès	57.543	30,6	1.880,49
Cervelló	8.861	24,1	367,68
Corbera de Llobregat	14.168	18,4	770,00
Cornellà de Llobregat	86.072	7,0	12.296,00
El Papiol	4.075	8,9	457,87
El Prat de Llobregat	63.457	31,4	2.020,92
Esplugues de Llobregat	45.733	4,6	9.941,96
Gavà	46.266	30,8	1.502,14
La Palma de Cervelló	3.000	5,5	545,45
L'Hospital de Llobregat	254.804	12,4	20.548,71
Molins de Rei	25.359	15,9	1.594,91
Montcada i Reixac	34.802	23,5	1.480,94
Montgat	11.621	2,9	4.007,24
Pallejà	11.348	8,3	1.367,23
Ripollet	37.648	4,3	8.755,35
Sant Adrià de Besòs	36.496	3,8	9.604,21
Sant Andreu de la Barca	27.434	5,5	4.988,00
Sant Boi de Llobregat	82.402	21,5	3.832,65
Sant Climent de Llobregat	4.024	10,8	372,59
Sant Cugat del Vallès	88.921	48,2	1.844,83
Sant Feliu de Llobregat	44.086	11,8	3.736,10
Sant Joan Despí	33.502	6,2	5.403,55

Sant Just Desvern	16.927	7,8	2.170,13
Sant Vicenç dels Horts	27.961	9,1	3.072,64
Santa Coloma de Cervelló	8.073	7,5	1.076,40
Santa Coloma de Gramenet	117.153	7,0	16.736,14
Tiana	8.553	8,0	1.069,13
Torrelles de Llobregat	5.933	13,6	436,25
Viladecans	65.779	20,4	3.224,46

En términos nacionales, constituye la primera aglomeración industrial de España y la segunda en dimensiones de población, ocupación y renta. Su estructura económica se caracteriza por una sólida base industrial, diversificada y en intenso proceso de transformación, así como por el creciente peso del sector terciario. Con respecto a la totalidad de Cataluña, el AMB concentra el 42,8% de su población mientras que sólo significa el 2% de su superficie. También constituye el 50,9% del PIB de Cataluña, haciendo patente la gran importancia que tiene en el conjunto de la Comunidad Autónoma. De este modo, es fácil entender que el número de desplazamientos anuales haya aumentado casi un 143% en la última década, obteniendo un valor de 10.209.301 desplazamientos anuales para el último valor registrado (2014). Este crecimiento, sin embargo, no ha ido acompañado por la oferta de transporte público la cual ha sufrido un pequeño descenso en los últimos años, probablemente propiciado por la crisis económica mundial de la cual todavía no ha habido una total recuperación. La demanda de transporte público se ha mantenido casi estanca en el último lustro. La evolución de estos parámetros es mostrada en la Figura 2 y en la Figura 3. Por otro lado, en la última década se ha intentado potenciar el uso de la bicicleta tal y como demuestra la implementación de un servicio de bicicletas como es Bicing (2007) o un servicio de estacionamientos de bicicletas como Bicibox (2014). Ambos servicios están presentando unos muy buenos resultados, Bicing disponiendo más de 100.000 abonados y Bicibox presentando un crecimiento superior al 250% en los dos últimos años para el número de bicicletas estacionadas. Por lo que respecta al vehículo privado, el índice de motorización muestra un cierto declive desde el inicio del siglo, aunque la tendencia parece a que se va a mantener constante. En referencia a la repartición modal del transporte, el porcentaje del uso del transporte público ha sufrido una bajada de 5 puntos, los cuales han sido absorbidos por los desplazamientos no motorizados (Figura 4) posible indicador del éxito en la implementación de los servicios para fomentar el uso de la bicicleta.

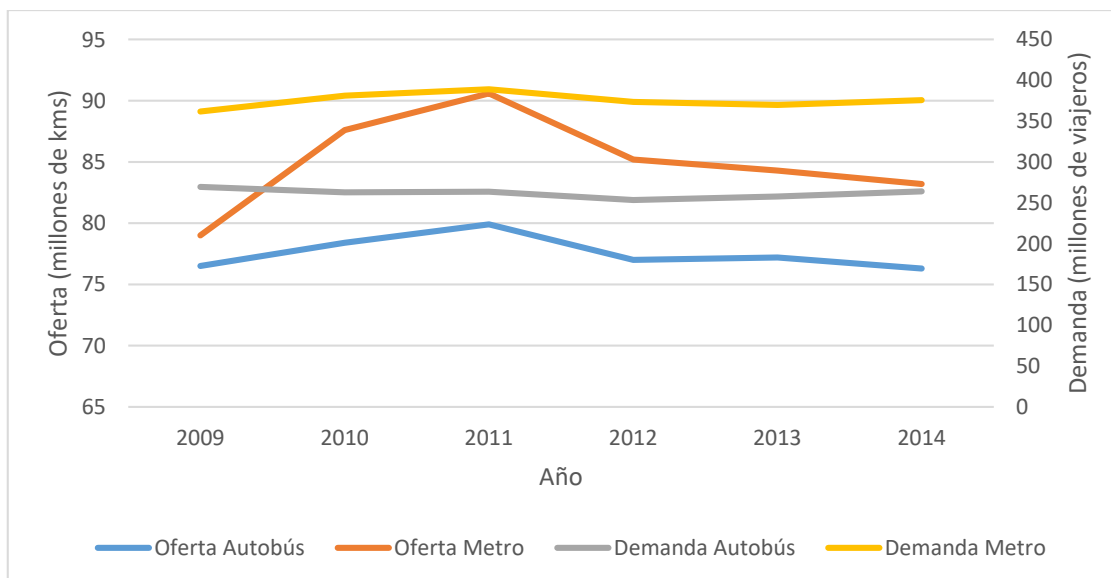


Figura 2. Evolución de la demanda y oferta del transporte público en el último lustro

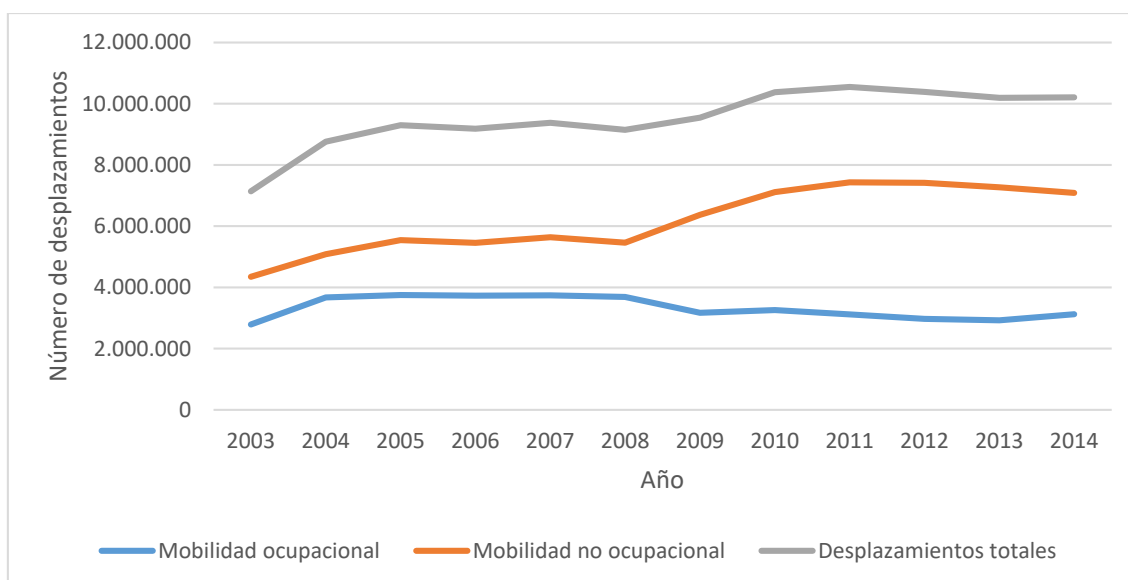


Figura 3. Evolución del número de desplazamientos en la última década

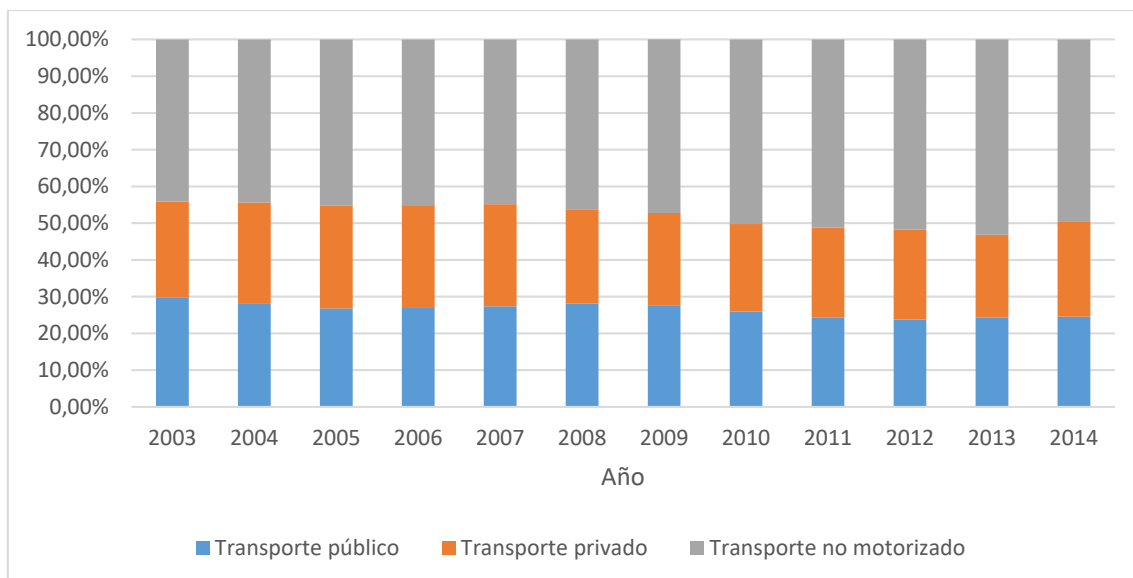


Figura 4. Repartimiento modal del número de desplazamientos según el tipo de transporte usado

3.3.2 Medios de transporte disponibles

En el AMB existen 5 medios de transporte distintos;

- **Autobús.** Se trata del medio de transporte más antiguo. En el municipio de Barcelona y los municipios más cercanos (autobuses urbanos) está gestionado mayormente por Transports Metropolitans de Barcelona (TMB). La gestión de los autobuses interurbanos depende de la línea a recorrer. El autobús es el medio de transporte público con mayor cobertura especial ya que no requiere de una infraestructura única para su circulación, sino que emplea la red de carreteras. Sin embargo, generalmente presenta valores de frecuencia, velocidad comercial y capacidad muy bajos, lo que desmotiva su uso en comparación con otros medios de transporte (Figura 2). Actualmente se está implementando una nueva red de autobuses (Red Ortogonal), la cual pretende reducir el número total de líneas disponible para así proporcionar mayores frecuencias y menor número de intercambios. Quizás esto consigue cambiar la repartición modal del transporte público, aunque todavía es muy temprano para extraer ninguna conclusión.
- **Tranvía.** Se trata del medio de transporte más reciente de Barcelona. Es, también, el medio con menor cobertura espacial. Inicialmente, su planeamiento tenía el objetivo de unir Barcelona con sus municipios más cercanos y de ayudar al flujo de viajeros a través de la Diagonal. Sin embargo, la parte central de la Diagonal no se llegó a construir y a día de hoy todavía existen numerosos debates sobre si se debe realizar la unión entre las líneas existentes y por donde debe ser.
- **Metro.** Se trata del medio de transporte que presenta mayores frecuencias y, consecuentemente, el más usado en la población de Barcelona. Su cobertura espacial se limita al municipio de Barcelona y alguno de los municipios cercanos con mayor población. Existen 6 líneas distintas y recientemente se encuentran bajo construcción 2

nuevas; las cuales ya son operativas en sus extremos. Igual que con la unión del tranvía, la finalización de estas líneas está sujeta a mucha controversia debido al alto coste económico que está suponiendo.

- Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC). Está formado por 2 conjunto de líneas. La primera de ellas comunica los municipios del Vallès Occidental con el centro de Barcelona (Plaça Catalunya), mientras que el otro une los municipios situados más en el norte del Baix Llobregat con Plaça Espanya. Presenta unas características muy parecidas a las cercanías de RENFE, aunque generalmente tiene mayor frecuencia y número de estaciones.
- RENFE. Es el medio de transporte con vía segregada con mayor presencia en número de municipios. Su función consiste en proporcionar una unión entre distintos municipios y Barcelona y, aunque presenta unas características algo mejorables, supone el principal medio de transporte para los municipios más alejados de Barcelona.

3.3.3 Geografía

El municipio de Barcelona presenta una geografía muy peculiar lo que condiciona el uso del suelo y, consecuentemente, la red de transporte. Se encuentra delimitado por sus cuatro lados; en el sud tiene el mar Mediterráneo, en el este y oeste tiene dos ríos; Besós y Llobregat respectivamente, y en el norte tiene una montaña, Collserola. Todas estas barreras naturales dificultan el tránsito de viajeros a través de ellos. De las cuatro barreras, la más limitante es Collserola ya que sólo permite el transporte mediante túneles o a través de carreteras por su superficie. Esta condición y la larga distancia a recorrer hacen que tanto el metro como el tranvía no sean medios de transporte viables a usar. Respecto a los ríos, el Besós tiene un cauce y superficie muy inferior al Llobregat por lo que no supone ninguna barrera relevante para el paso de medios de transporte y prueba de ello es que en la actualidad todos los medios de transporte lo atraviesan. Sin embargo, el Llobregat tiene un cauce superior y, además, tiene un delta y un parque a su alrededor, hecho que dificulta mucho más su penetración. Así pues, el uso del tranvía o el metro no resultarían opciones viables igual que en el caso de Collserola. La excepción de esto es el aeropuerto de Barcelona, el cual se halla en el delta del Llobregat y dispone de línea de metro. En este caso la presencia del metro responde a la necesidad de tener una buena conexión del aeropuerto con el núcleo urbano, hecho que antes sólo estaba garantizado con el tren y los autobuses. Se consideró que el beneficio aportado por disponer de metro era superior al coste de atravesar el Llobregat, sin embargo, no existe otro punto de tal importancia en el oeste del Llobregat, por lo que no debería de volver a suceder un caso así.

Estos aspectos resultan vitales a la hora de planificar el transporte público en el AMB y al analizar la accesibilidad del mismo, ya que no se puede obtener la misma accesibilidad en un punto sin restricción que en otro el cual sólo se puede acceder por unos medios determinados. Así pues, para garantizar un buen servicio resulta imprescindible una organización del transporte en esas zonas que potencie al máximo sus características positivas para así hacer menos latentes sus limitaciones. Una de las soluciones podría pasar por el uso de una red de autobuses híbrida o la creación de pequeños hubs en las estaciones de transporte más significativas para cada una de estas zonas (generalmente ferrocarril o tren). El análisis de estos medios, sin embargo, recaerían

en un análisis de conectividad para esas zonas más alejadas, por lo que queda fuera del presente estudio.

3.3.4 Zonas de estudio

Para poder realizar un estudio más detallado y particular de la red de transporte público resulta esencial la división del territorio en zonas de estudio. Estas zonas deben presentar unas características parecidas en términos de población y área. De este modo se consigue dotar de sentido su comparación. Otra característica relevante es la invariabilidad temporal de dichas zonas. En el AMB existen distintas divisiones territoriales basadas en motivos administrativos y estadísticos. Estas divisiones son comentadas a continuación:

- Bases censales. Son las zonas empleadas para la determinación de los escaños en las elecciones y son variables en el tiempo en función de la población. Se trata de la división de menor tamaño existente.
- Áreas Estadísticas Básicas (AEB). Estas zonas son algo mayores a las bases censales y son empleadas para la realización de estudios estadísticas territoriales. Hay más 200 AEB en el municipio de Barcelona.
- Barrios. División administrativa basada en características sociales y urbanísticas semejantes. También es la unidad de división bajo la cual se definen los niveles de equipamientos y servicios municipales.
- Distritos. Unidad de división mayor dentro de un municipio. Comprende a uno o más barrios.
- Municipio. Unidad de división territorial con independencia para la decisión de ciertos parámetros administrativos. Se trata de la división administrativa de mayor tamaño y completa para el ámbito metropolitano.

Para el caso actual, las bases censales no supondrían unas buenas zonas de estudio debido a su variabilidad en el tiempo. Las AEB o los barrios podrían ser una división aceptable, pero debido a su pequeño tamaño los resultados obtenidos podrían no ser significativos o representativos. Además, también implicaría la división del territorio en numerosas zonas de estudio lo cual complicaría la obtención de conclusiones y dificultaría su comprensión. Finalmente, los distritos y municipios son una división territorial que cumplen con todos los criterios buscados, aparte de presentar características parecidas tanto en términos de área como de población (Tabla 2). Por estos motivos, las zonas de estudio que se han decidido emplear en el presente estudio son los 10 distritos que conforman el municipio de Barcelona más los 35 municipios que restantes del AMB, es decir, en un total se dispondrá de 45 zonas de estudio. Estas zonas son mostradas en la Figura 5. El motivo por el cual se usa una división distinta en Barcelona y en los otros municipios es por semejanza de características. La población y superficie de Barcelona es muy superior a la de cualquier otro municipio, por tanto, el uso del municipio completo originaría muchas diferencias estadísticas. Por el otro lado, los municipios restantes no disponen de distritos debido a su menor tamaño, por lo que no podría usar tal división. Con esta división se consigue obtener unas características bastante parecidas para todas las zonas de estudio cumpliendo así todos los objetivos buscados.

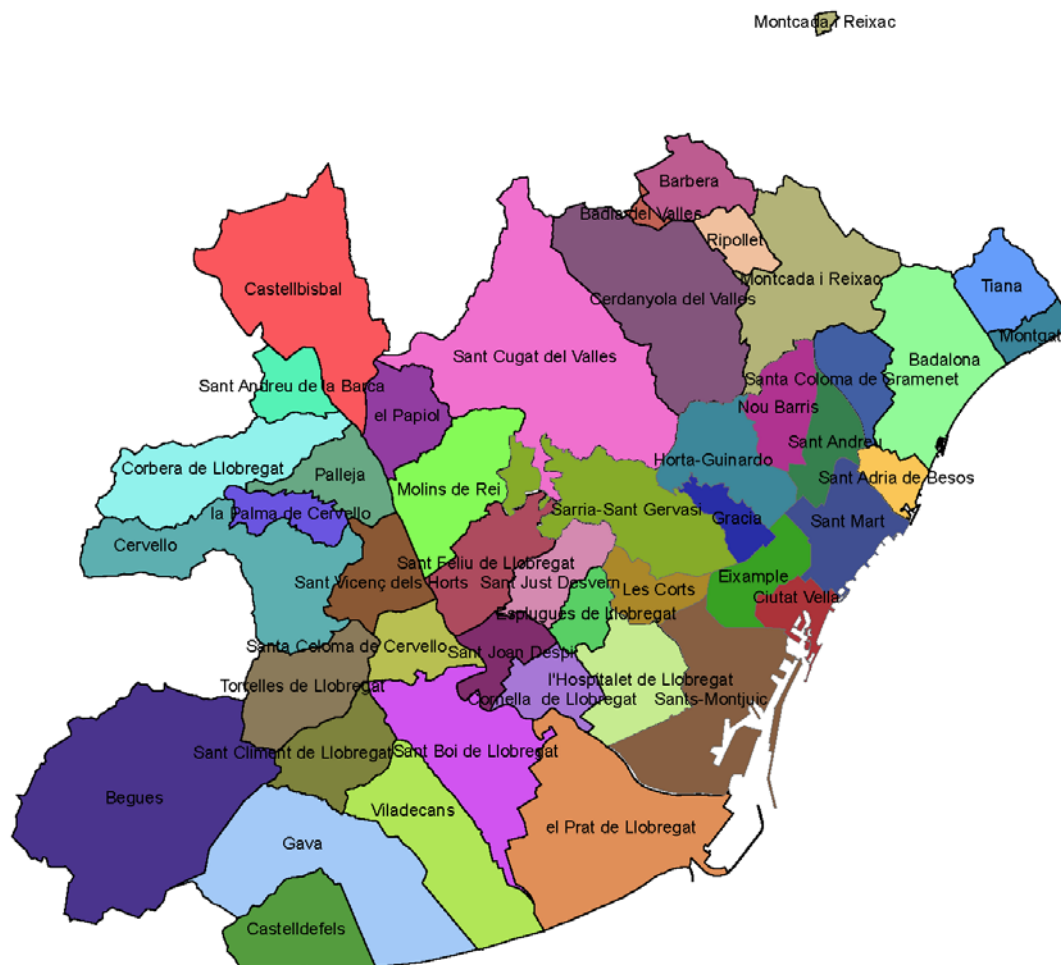


Figura 5. Mapa con las zonas de estudio usadas en el presente trabajo

Tabla 2. Zonas de estudio con su población, superficie y densidad

Municipio	Población (2016)	Superficie (km ²)	Densidad
Badalona	215.634	21,2	10.171,42
Badia del Vallès	13.482	0,9	14.980,00
Barberà del Vallès	32.832	8,3	3.955,66
Barcelona	1.608.746	101,3	15.881,01
Begues	6.736	50,4	133,65
Castellbisbal	12.277	31,0	396,03
Castelldefels	64.892	12,9	5.030,39
Cerdanyola del Vallès	57.543	30,6	1.880,49
Cervelló	8.861	24,1	367,68
Ciutat Vella	100.227	2,60	38.548,85
Corbera de Llobregat	14.168	18,4	770,00
Cornellà de Llobregat	86.072	7,0	12.296,00
Eixample	263.991	4,80	54.998,13
El Papiol	4.075	8,9	457,87

El Prat de Llobregat	63.457	31,4	2.020,92
Esplugues de Llobregat	45.733	4,6	9.941,96
Gavà	46.266	30,8	1.502,14
Gracia	120.676	3,10	38.927,74
Horta	167.318	6,00	27.886,33
La Palma de Cervelló	3.000	5,5	545,45
Les Corts	81.694	3,80	21.498,42
L'Hospital de Llobregat	254.804	12,4	20.548,71
Molins de Rei	25.359	15,9	1.594,91
Montcada i Reixac	34.802	23,5	1.480,94
Montgat	11.621	2,9	4.007,24
Nou Barris	165.404	4,30	38.466,05
Pallejà	11.348	8,3	1.367,23
Ripollet	37.648	4,3	8.755,35
Sant Adrià de Besòs	36.496	3,8	9.604,21
Sant Andreu	147.307	4,60	32.023,26
Sant Andreu de la Barca	27.434	5,5	4.988,00
Sant Boi de Llobregat	82.402	21,5	3.832,65
Sant Climent de Llobregat	4.024	10,8	372,59
Sant Cugat del Vallès	88.921	48,2	1.844,83
Sant Feliu de Llobregat	44.086	11,8	3.736,10
Sant Joan Despí	33.502	6,2	5.403,55
Sant Just Desvern	16.927	7,8	2.170,13
Sant Martí	234.124	6,30	37.162,54
Sant Vicenç dels Horts	27.961	9,1	3.072,64
Santa Coloma de Cervelló	8.073	7,5	1.076,40
Santa Coloma de Gramenet	117.153	7,0	16.736,14
Sants	181.307	15,90	11.402,96
Sarria Sant Gervasi	147.502	7,30	20.205,75
Tiana	8.553	8,0	1.069,13
Torrelles de Llobregat	5.933	13,6	436,25
Viladecans	65.779	20,4	3.224,46

3.4 Obtención de datos

El modelo de accesibilidad planteado en el presente estudio trabaja con datos urbanísticos (parcelas y calles) y con datos de la red de transporte (ubicación parada y frecuencia). Por lo tanto, estos 4 datos son los datos básicos para conseguir que el modelo funcione. Eso no significa, sin embargo, que no se puedan introducir más datos en el modelo. Si se desea evaluar la adaptación a personas con movilidad reducida (PMR) en el modelo será necesario, lógicamente, información sobre la adaptación de las distintas estaciones de transporte público. También puede ser interesante añadir datos de población y viviendas en la información de cada parcela, ya que eso facilitaría su post-proceso y permitiría obtener conclusiones más detalladas. De hecho, el límite de información a añadir no tiene límite alguno, aunque resulta vital saber discernir qué datos pueden resultar importantes y tenerlos bien organizados para su fácil uso.

A continuación, se explicará de donde se pueden obtener y de donde se han obtenido los datos básicos de partida para este estudio:

- Parcelas. El Instituto Geológico y Cartográfico de Cataluña (IGCG) ofrece mapas topográficos de toda la región de Cataluña a diferentes escalas, siendo 1:5.000 la más pequeña y 1:100.000 la mayor. En estos mapas se hayan todas las parcelas de Cataluña, por lo tanto, sólo es necesario seleccionar las parcelas deseadas.
- Red de calles. Al igual que con el caso de las parcelas, en los mapas topográficos ofrecidos por el IGCG se pueden obtener la red de calles de toda Cataluña.
- Ubicación estaciones transporte público. Esta información no se encuentra pública en ningún dominio, aunque resulta fácil de encontrar en la página web de cada gestor de transporte o en el mismo Google Maps. Sin embargo, todos estos datos deberían ser introducidos en el ArcGIS de forma manual. Por suerte, en el presente estudio el AMB proporcionó un archivo que disponía de todas las paradas de transporte público en la región metropolitana.
- Frecuencia. Al igual que la ubicación de las estaciones, esta información se puede encontrar fácilmente en la página web de cada gestor del transporte público, ya sea mediante frecuencias según franjas horarias (TMB) o mediante tablas de expediciones (FGC). En este caso, la información proporcionada por el AMB tenía unas frecuencias introducidas, pero se trataban de las frecuencias punta y no las medias que se usarán en este estudio, por lo que se tuvieron que introducir manualmente y adaptar para las estaciones con más de una línea para representar esta dualidad de la estación.

Además, hay otra serie de datos que pueden resultar útiles para interpretar y tratar los resultados. Estos y la forma de encontrarlos se detalla a continuación.

- Adaptación estaciones. Este dato, al igual que las ubicaciones y las frecuencias, puede ser encontrado también en las páginas de los operadores de los distintos medios de transporte. Sin embargo, raramente se encontrará resumido de forma global y se deberá acceder a cada parada en particular para obtener la información deseada. La información se ha añadido manualmente en el archivo de las estaciones para los medios donde faltaba.
- Población. La población puede ser usada para analizar la cantidad de gente con acceso al transporte público en cada municipio o la cantidad de gente dentro de un umbral considerado como “accesibilidad aceptable”. La información sobre la población de cada municipio puede ser hallada fácilmente en la página del Instituto de Estadística de Cataluña (IDESCAT). Para el caso de los distritos, la información se puede obtener en la página del Ayuntamiento de Barcelona.
- Número de viviendas. Al igual que la población, la información referente a cada municipio puede ser encontrada en el IDESCAT, mientras que la información de los distritos ha sido encontrada en el Ayuntamiento de Barcelona.
- Uso del suelo. El uso de suelo puede ser útil para la clasificación de las distintas parcelas con cobertura del transporte público. Se puede analizar, por ejemplo, qué porcentaje de viviendas se halla con una accesibilidad aceptable o qué porcentaje de comercios. En la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se pueden descargar mapas con los usos del suelo de toda España. Estos, sin embargo, resultan muy generales, existiendo

muy pocas clasificaciones. Se intentó buscar mapas de los puestos de trabajo en el AMB o de los comercios según el sector donde se hallan, pero resultó imposible.

3.5 *Aplicación del modelo y obtención de resultados*

3.5.1 Índice de Accesibilidad y Equivalent Doorstep Frequency

Para implementar el modelo teórico a la práctica se deben realizar unas simplificaciones iniciales;

- La distancia entre una parcela y cada estación de transporte público no puede realizarse individualmente ya que implicaría un coste computacional inasumible. Por ello, se ha procedido a realizar polígonos a distintos percentiles (25, 50, 75 y 100 normalmente) del radio de influencia a partir de cada estación. El resultado, por lo tanto, serán distintos polígonos concéntricos, con centro en la estación de transporte público, que abarcarán distintas parcelas. Cada parcela recibirá el valor del polígono donde se encuentre situada y esa distancia será dividida por la velocidad al andar. Con este procedimiento se ahorra un gran coste computacional aparte de permitir ver la influencia de cada medio de transporte según el radio de influencia considerado.
- Ciertos parámetros del modelo como la frecuencia o situación exacta de las estaciones no son siempre conocido, por lo que se realizará una aproximación a partir de la información disponible y las propiedades actuales. Este es el caso del estudio de las nuevas infraestructuras a realizar, como la finalización de la línea 9 de metro o la unión de ambas líneas de tranvía. En el caso de la línea 9 se ha considerado un tiempo de paso de 3 minutos, que es el que actualmente hay en la parte en funcionamiento. Por parte del tranvía, se ha considerado un tiempo de paso de 6 minutos, que equivale al tiempo de paso del tranvía por el tramo superior de la Diagonal y también en Glorias.

Para la implementación del modelo se ha usado el programa de información geográfica ArcGIS, ya que permite la realización de la mayoría de cálculos y tratamiento de datos de forma muy sencilla. El posterior proceso de los resultados obtenidos ha sido realizado mediante el programa Microsoft Excel debido a la facilidad de agrupación de los datos y de uso de filtros. Esto permite sacar conclusiones según las zonas y usos que interesen más sin excesiva complejidad.

Para la implementación del modelo en el programa de ArcGIS son necesarios 3 archivos; uno de polígonos con todas las parcelas del ámbito de estudio, otro con todas las calles del AMB y una último con todas las estaciones de transporte público. El archivo de parcelas será donde serán almacenados todos los resultados y el que contendrá toda la información para la extracción de las conclusiones. El archivo de las calles se usará para calcular los radios de influencia desde cada estación y las estaciones servirán para generar los polígonos de influencia y obtener el tiempo de espera.

Estos archivos, sin embargo, deberán ser tratados anteriormente para así facilitar la gestión de los resultados. En el archivo de las parcelas interesará disponer información de la zona de estudio donde se encuentra (municipio o distrito), de la población de dicha zona de estudio, el número de viviendas y su uso. Para ello se usarán 2 archivos más; uno con las zonas de estudio

y otro con los usos del suelo. El archivo de las zonas de estudio se ha obtenido realizando una unión entre un archivo con los municipios de Cataluña y otro con los distritos de Barcelona. Del resultado final se han eliminado los municipios que no forman parte del AMB y, luego, se han introducido los datos de población y número de viviendas manualmente para cada zona de estudio. El archivo de usos del suelo se ha obtenido del Instituto Geológico y Minero de España. A continuación, se ha realizado una unión espacial de todos los atributos entre estos archivos y las parcelas, dotando así cada parcela de la información deseada. El archivo de estaciones interesará tenerlo dividido según cada medio de transporte (un archivo para cada medio distinto) y que cada archivo disponga información sobre el nombre de la parada, las líneas que discurren por dicha parada, el tiempo de paso medio e información sobre si esa estación está adaptada para las personas con movilidad reducida. El archivo de partida disponía la mayoría de la información deseada (a excepción de la adaptación de las estaciones en algún medio de transporte). Sin embargo, en ese archivo había un punto para cada punto de acceso a la estación y línea. Todos estos puntos se limpiaron dejando un único punto por estación y modificando el tiempo de paso en las estaciones donde discurría más de una línea. Finalmente se añadió la información que faltaba sobre la adaptación.

Finalmente, se implementó el modelo siguiendo el algoritmo mostrado en la Figura 6. Para ello se empleó la herramienta ModelBuilder, la cual permite introducir una serie de acciones a realizar a partir de unos parámetros de modelo. En este caso los parámetros de modelo son la red de calles y las estaciones de cada medio de transporte. El resultado de este algoritmo son unos polígonos alrededor de las estaciones de transporte público y con un valor de IA asociado. En la Figura 7 se muestran estos polígonos para el caso del TRAMBAIX. A partir de estos polígonos se dotará a cada parcela del valor del IA y se obtendrán los resultados. Las acciones que realiza este algoritmo son explicadas a continuación:

- Crear Área de Servicio/Agregar ubicaciones/Solucionar. Esta serie de comandos permite crear los polígonos de influencia alrededor de una estación de transporte público a través de la red de calles. Para ello se debe fijar los puntos de partida (estaciones) y la red por donde se generará. Esta acción te permite fijar distintos límites para la generación de los polígonos y si se desea que sean independientes o estén unidos según la distancia límite. Los límites usados han sido el percentil 25, 50, 75 y 100 del radio de influencia de cada medio de transporte y se han generado polígonos independientes. El motivo de generar polígonos independientes y no conjuntos (lo que reduciría el número total de polígonos) es por la posterior inclusión de los datos de las estaciones a cada polígono, hecho que resultaría imposible si se dispusiera de un único polígono para todas las estaciones. La relación entre polígonos y estaciones se ha generado a partir de un identificador numérico único de las estaciones introducido anteriormente.
- Seleccionar datos. Este comando permite seleccionar una parte de los archivos tratados en el algoritmo de modo que las siguientes acciones sólo afecten a dicha selección. En este caso, se han seleccionado los polígonos generados por el área de servicio.
- Agregar unión. Este comando genera una unión entre los polígonos previamente seleccionados y los datos de cada estación almacenados en el archivo del transporte público correspondiente. Esta relación se realiza mediante el indicador numérico único de cada estación y su finalidad es añadir todos los atributos de cada estación a cada polígono (nombre, frecuencia y adaptación básicamente).

3. Modelo de accesibilidad

- Copiar entidades. Este comando permite crear un nuevo archivo a partir de los elementos seleccionados. En este caso el resultado será un archivo con los polígonos de influencia y la información de cada estación.
- Agregar campo. Esta acción sirve para añadir un nuevo campo en el archivo al que se encuentre asociado. En este modelo se realiza en el archivo de polígonos recientemente creado y es usado 3 veces; en la primera se genera el campo del tiempo de desplazamiento, en la segunda del tiempo de espera y en la última de la generación de una variable auxiliar que servirá para el cálculo del IA y del EDF. Esta variable es el inverso de la suma entre el tiempo de desplazamiento y el tiempo de espera, es decir, el inverso del IA. El motivo de crear esta variable auxiliar es para facilitar el tratamiento de datos, ya a partir de ella y con un solo cálculo se puede obtener tanto el IA como el EDF.
- Calcular campo. Este comando sirve para rellenar un campo del archivo al que se aplique. En este caso se ha aplicado para dotar de valores a los 3 campos creados anteriormente. Para el caso del tiempo de desplazamiento, la operación realizada es la división entre el límite mayor del polígono y la velocidad al andar (75 m/min). Para el caso del tiempo de espera, se divide el tiempo de paso media diario de la estación asociada entre 2. Esta división viene motivada por la esperanza del tiempo de llegada del transporte. Finalmente, para la variable auxiliar se realiza el inverso de la suma de los dos valores obtenidos anteriormente. En la Figura 8 se muestra el cálculo usado en el campo del tiempo de desplazamiento, en la Figura 9 el cálculo para el tiempo de espera y en la Figura 10 el cálculo para la variable auxiliar.

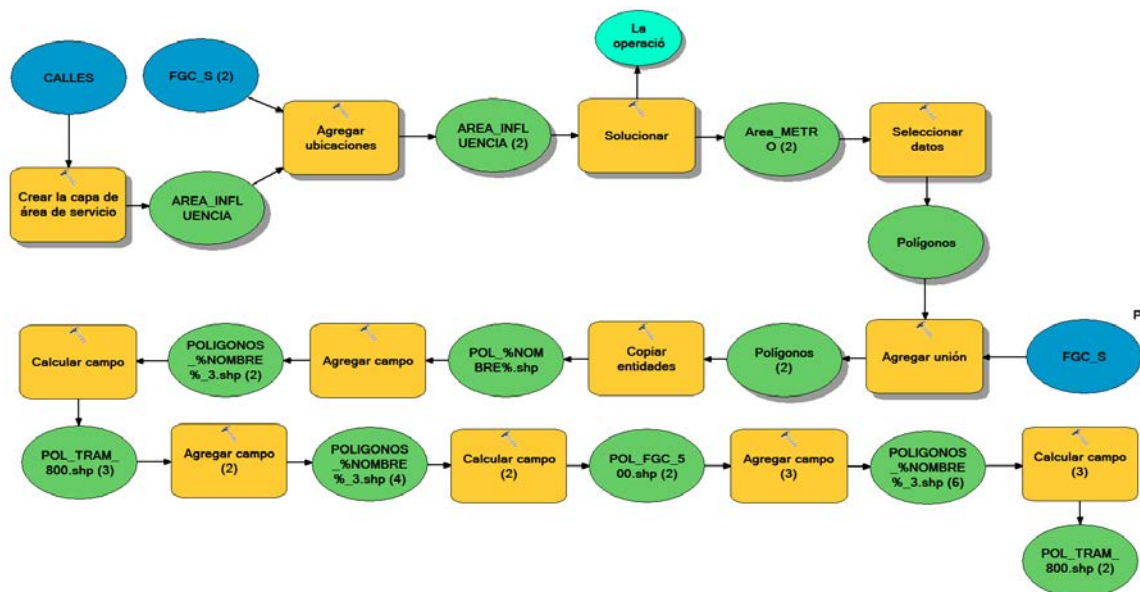


Figura 6. Algoritmo del modelo de accesibilidad usado en el ArcGIS

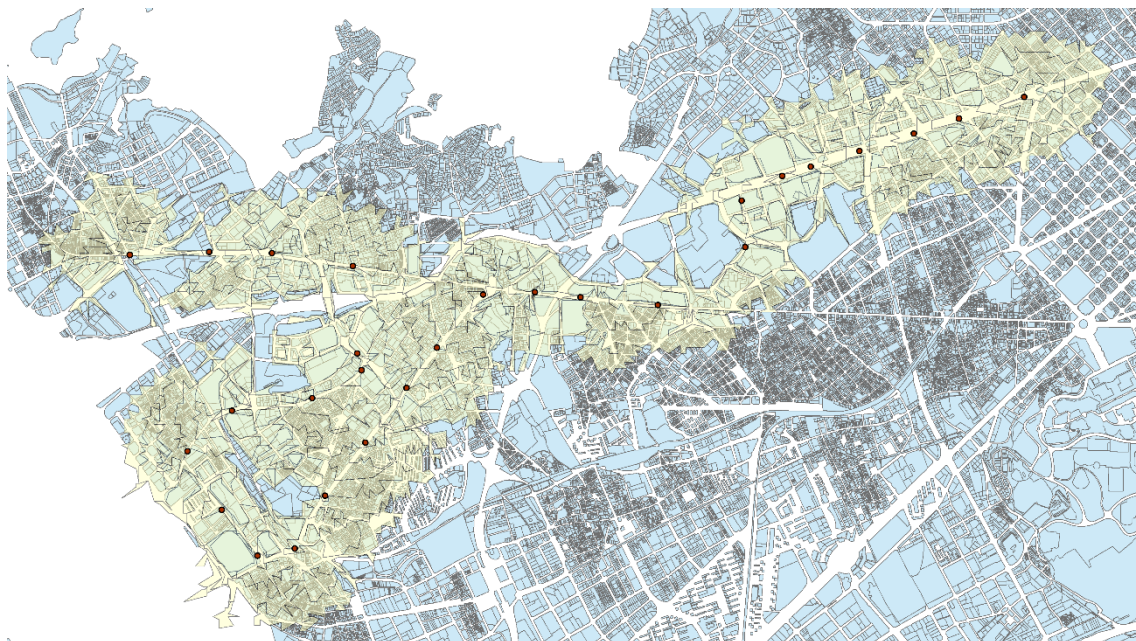


Figura 7. Polígonos de influencia del TRAMBAIX generados a partir del algoritmo del modelo

Calcular campo

Tabla de entrada
POLIGONOS.%NOMBRE%_3.shp (2)

Nombre de campo
WALK

Expresión
[SAPolygo_3] / 75

Tipo expresión (opcional)
VB

Código Bloque (opcional)

Expresión

Expresión de cálculo simple que se utiliza para crear un valor que completará las filas seleccionadas.

Aceptar Cancelar Aplicar << Ocultar Ayuda Ayuda de la herramienta

Figura 8. Cálculo realizado para obtener el tiempo de desplazamiento

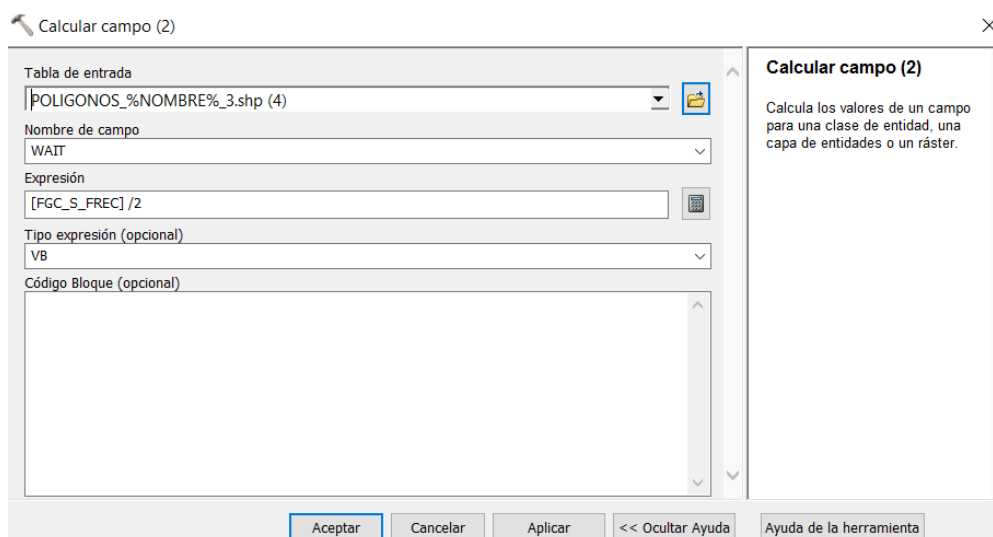


Figura 9. Cálculo usado para obtener el tiempo de espera

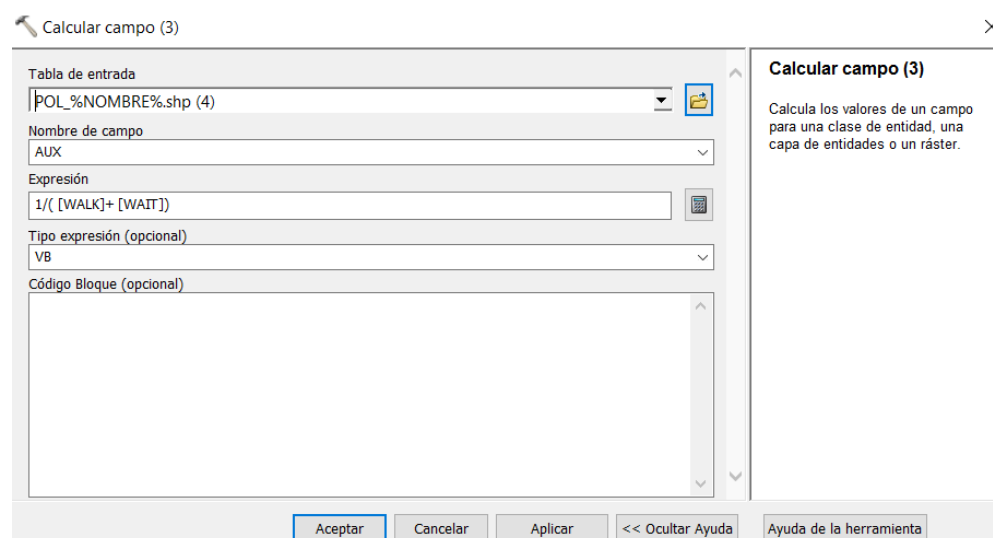


Figura 10. Cálculo usado para obtener la variable auxiliar

Los resultados del algoritmo son mostrados en la Figura 7. Este proceso se ha repetido para cada medio de transporte, obteniendo así 5 archivos de polígonos con sus valores asociados. El siguiente paso es asociar estos valores a las parcelas que se encuentren en el mismo lugar que dichos polígonos. Para ello se ha usado la herramienta de unión espacial, la cual permite unir atributos entre distintos archivos a partir de su localización. En el caso presente se ha realizado una unión sólo numérica y de valores máximos. El motivo de usar los valores máximos es debido a que una parcela puede encontrarse bajo más de un polígono, así pues, se usará sólo el valor máximo que corresponde al tiempo de acceso mínimo (conviene recordar que la variable auxiliar creada es el inverso del IA). El resultado final de este proceso es un archivo con todas las parcelas del AMB y un valor asociado para cada medio de transporte. Finalmente, sólo queda añadir 2 campos; uno para el IA y otro para el EDF, y calcular sus valores. El cálculo del IA no es hacer más

que la inversa del máximo del conjunto de las variables auxiliares (ecuación (6)) mientras que para el EDF es la suma de todas las variables auxiliares más el máximo de todas ellas y todo multiplicado por 15 (60 entre 2 por un medio) (ecuación (7)). Así tendremos ya todas las parcelas con su IA y su EDF asociado. Solamente puntualizar que las parcelas con un valor nulo de IA y EDF significa que no disponen de accesibilidad al transporte público, ya que no se ha podido asociar ningún valor por no coincidir espacialmente con ningún polígono.

$$IA = \frac{1}{\max_i(AUX_i)} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} EDF &= \frac{1}{2} \cdot \left(0,5 \cdot 60 \cdot \max_i(AUX_i) + 0,5 \cdot 60 \cdot \sum_i AUX_i \right) \\ &= 15 \cdot \left(\max_i(AUX_i) + \sum_i AUX_i \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Este archivo con las parcelas con su IA y EDF es el resultado del modelo creado. Conviene recordar que cada parcela también tiene asociado a qué zona de estudio pertenece, la población de la zona de estudio, el número de viviendas y el uso del suelo. A partir de estos valores se puede generar los mapas de accesibilidad de toda el AMB.

Para obtener mapas que muestren la mejora de accesibilidad por la creación de nuevas infraestructuras simplemente se debe seguir el mismo proceso explicado anteriormente. Sin embargo, una vez asociadas todas las variables auxiliares a las parcelas, se calculará el IA y el EDF para cada situación a estudiar. De modo que en el archivo final habrá 2 valores para el IA y para el EDF. Por ejemplo, para estudiar la unión del tranvía por la Diagonal, se generarán polígonos con un archivo que contenga todas las estaciones del tranvía existentes y por construir. Entonces en el archivo de parcelas se añadirán todos los valores auxiliares de los medios de transporte, el del tranvía actual y el recién generado. A partir de estos valores se obtendrá el IA y el EDF para el caso actual y para el nuevo caso con las fórmulas ya mostradas, únicamente vigilando de usar los valores que correspondan a cada caso. De este modo, se obtienen los 2 valores para el IA y para el EDF. Finalmente, si se desea ver la mejora en accesibilidad generada por la unión del tranvía se debe realizar la diferencia entre ambos indicadores. Para estudiar la pérdida de accesibilidad por la falta de adaptación de estaciones del transporte público, el procedimiento será idéntico, aunque en vez de añadir nuevas estaciones se retirarán las que no estén adaptadas. Para dotar de un sentido físico la diferencia, conviene realizar la diferencia del mayor valor con el menor valor, asegurando la obtención de valores positivos siempre. En el caso del IA es el IA anterior menos el IA nuevo y el valor obtenido es la reducción del tiempo de acceso al transporte público generado por la creación de dicha infraestructura. En cambio, para el caso del EDF es en EDF nuevo menos el EDF anterior y significa el aumento de frecuencia de paso por la generación de dicha infraestructura. En el caso de la adaptación, la diferencia de IA se hará entre el IA adaptado y el no adaptado y para el EDF entre el EDF no adaptado y el adaptado. En este último caso, pueden encontrarse valores negativos en estas diferencias. Esto viene motivado por la pérdida total de accesibilidad de una

zona por la falta de adaptación, ya que entonces su IA tomará un valor nulo y la diferencia entre un valor nulo y un valor positivo da negativo. Finalmente, en estos casos convendría diferenciar las zonas que no sufren mejora de accesibilidad y las que no disponen de accesibilidad en ninguno de los casos. En ambos casos, la diferencia será siempre nula. Para solucionarlo, se realizará una búsqueda por atributos con criterio de búsqueda los campos con valor nulo en el IA antiguo, y en el IA nuevo. Una vez se tengan seleccionados estos campos, se introducirá un valor conocido a todos esos campos (-9999 en el presente trabajo). De este modo se podrá dotar de una distinta clasificación a los puntos sin accesibilidad respecto a los puntos sin mejora de accesibilidad.

Con lo expuesto anteriormente se dispone de todos los resultados para todos los escenarios considerados. A continuación, se realizará el tratamiento de los resultados para hacerlos más fácilmente interpretables y poder abordar así el estudio de las zonas de estudio y su comparación. Para ello se exportarán los datos de todas las parcelas y se copiarán en una hoja de Microsoft Excel. Para la gestión de los datos se usarán las tablas dinámicas, las cuales permiten la división de la información según cualquier campo y su representación de múltiples formas. En el caso actual ha sido usado para estudiar la accesibilidad de las zonas de estudio en términos de población y área abastecida. Para el estudio del área abastecida, simplemente se ha dividido las filas según la zona de estudio y las columnas según el índice de accesibilidad. Los valores mostrados han sido la suma del área de cada parcela y se han representado como el porcentaje respecto el total de las filas. Para hacerlo más fácilmente interpretable, se han agrupado los valores del IA en intervalos de 10 minutos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3. La agrupación del IA puede ser variado en cualquier momento según más convenga como más tarde se comentará para evaluar la accesibilidad en el municipio de Barcelona. Por lo que respecta a la población abastecida, la división en columnas se mantendrá inicialmente igual (agrupada cada 10 minutos del IA), mientras que en las columnas se añadirá una subdivisión a las zonas de estudio: el uso del suelo. Esta subdivisión nos permitirá ver qué porcentaje de zona residencial se encuentra abastecida. Finalmente, los valores a mostrar será la cuenta del IA, aunque realmente la cuenta de cualquier valor serviría. Los datos de la tabla serán, por tanto, el número de parcelas de cada uso y de cada zona de estudio bajo ese nivel de accesibilidad. En el uso del suelo hay 2 tipos de zona residencial; la continua y la discontinua. Se ha decidido dar unas características distintas a cada zona, considerando la continua como bloques de pisos y la discontinua como casas unifamiliares. Así pues, los valores de la tabla se han copiado a una nueva hoja y se han añadido dos columnas más; una con la población y otra con el número de viviendas de cada zona. A continuación, se ha procedido a encontrar el número de personas por vivienda y el número de viviendas por parcela de zona residencial continua (para el caso discontinuo se ha considerado igual a uno). De este modo, multiplicando el número de personas por vivienda por el número de viviendas por parcela se ha encontrado el número de personas por parcela para cada uso del suelo. Se ha multiplicado este valor por el número de parcelas bajo cada nivel y se ha sumado. De este modo, se ha conseguido encontrar una tabla con el número de personas bajo cada nivel de accesibilidad para cada zona de estudio. Finalmente se ha procedido a realizar los porcentajes respecto el total de población de cada zona y se han obtenido los mismos resultados que para el caso del área. Estos resultados son mostrados en la Tabla 4.

Tabla 3. Porcentajes de área de cada zona de estudio bajo unos límites del índice de accesibilidad

Zona de estudio	Sin accesibilidad	IA < 10	10 < IA < 20	20 < IA < 30	30 < IA
Badalona	4%	50%	46%	0%	0%
Badia del Vallès	18%	17%	56%	0%	9%
Barberà del Vallès	40%	4%	25%	3%	28%
Begues	64%	0%	0%	0%	36%
Castellbisbal	53%	0%	17%	0%	30%
Castelldefels	11%	3%	57%	4%	25%
Cerdanyola del Vallès	23%	20%	37%	14%	7%
Cervelló	77%	0%	4%	0%	19%
Ciutat Vella	1%	96%	3%	0%	0%
Corbera de Llobregat	57%	0%	12%	0%	31%
Cornellà de Llobregat	9%	67%	24%	0%	0%
Eixample	0%	100%	0%	0%	0%
el Papiol	55%	0%	36%	9%	0%
el Prat de Llobregat	41%	36%	18%	5%	0%
Esplugues de Llobregat	2%	46%	47%	3%	1%
Gavà	43%	2%	27%	4%	24%
Gràcia	0%	94%	6%	0%	0%
Horta-Guinardó	1%	89%	10%	0%	0%
la Palma de Cervelló	85%	0%	13%	2%	0%
Les Corts	3%	88%	4%	0%	5%
l'Hospitalet de Llobregat	6%	81%	11%	2%	0%
Molins de Rei	47%	6%	37%	9%	2%
Montcada i Reixac	26%	13%	36%	10%	16%
Montgat	6%	51%	40%	2%	0%
Nou Barris	1%	78%	20%	0%	1%
Pallejà	6%	0%	58%	10%	27%
Ripollet	22%	5%	13%	10%	50%
Sant Adria de Besós	4%	57%	40%	0%	0%
Sant Andreu	6%	82%	12%	0%	0%
Sant Andreu de la Barca	20%	0%	60%	6%	14%
Sant Boi de Llobregat	14%	2%	74%	0%	9%
Sant Climent de Llobregat	34%	0%	0%	0%	66%
Sant Cugat del Vallès	15%	12%	59%	12%	2%
Sant Feliu de Llobregat	15%	6%	78%	0%	0%
Sant Joan Despí	1%	20%	79%	0%	0%
Sant Just Desvern	8%	4%	80%	8%	0%
Sant Martí	2%	93%	5%	0%	0%
Sant Vicenç dels Horts	16%	0%	28%	0%	56%
Santa Coloma de Cervelló	21%	0%	22%	12%	45%
Santa Coloma de Gramenet	0%	86%	13%	0%	1%

3. Modelo de accesibilidad

Sants-Montjuic	13%	72%	15%	0%	1%
Sarrià-Sant Gervasi	4%	69%	22%	1%	4%
Tiana	9%	5%	73%	5%	8%
Torrelles de Llobregat	27%	0%	0%	0%	73%
Viladecans	35%	5%	57%	3%	1%

Tabla 4. Porcentajes de población de cada zona de estudio bajo unos límites de accesibilidad

Zona de estudio	Sin accesibilidad	10 < IA	10 < IA < 20	20 < IA < 30	30 < IA
Badalona	0%	66%	33%	0%	0%
Badia del Vallès	35%	2%	46%	0%	17%
Barberà del Vallès	33%	2%	60%	4%	0%
Begues	73%	0%	0%	0%	27%
Castellbisbal	11%	0%	57%	0%	32%
Castelldefels	3%	13%	62%	1%	22%
Cerdanyola del Vallès	12%	23%	62%	3%	1%
Cervelló	71%	0%	2%	0%	27%
Ciutat Vella	0%	96%	4%	0%	0%
Corbera de Llobregat	49%	0%	17%	0%	34%
Cornellà de Llobregat	0%	79%	21%	0%	0%
Eixample	0%	100%	0%	0%	0%
el Papiol	64%	0%	15%	21%	0%
el Prat de Llobregat	0%	79%	21%	0%	0%
Esplugues de Llobregat	1%	73%	25%	0%	0%
Gavà	4%	0%	33%	3%	60%
Gràcia	0%	96%	4%	0%	0%
Horta-Guinardó	0%	88%	12%	0%	0%
la Palma de Cervelló	75%	0%	23%	1%	0%
Les Corts	0%	98%	2%	0%	0%
l'Hospitalet de Llobregat	0%	95%	5%	0%	0%
Molins de Rei	2%	23%	73%	2%	0%
Montcada i Reixac	5%	34%	57%	4%	0%
Montgat	3%	69%	28%	0%	0%
Nou Barris	0%	83%	17%	0%	0%
Pallejà	2%	0%	57%	11%	31%
Ripollet	3%	6%	4%	8%	79%
Sant Adria de Besós	0%	55%	45%	0%	0%
Sant Andreu	0%	98%	2%	0%	0%
Sant Andreu de la Barca	0%	0%	96%	1%	3%
Sant Boi de Llobregat	1%	2%	93%	0%	5%
Sant Climent de Llobregat	7%	0%	0%	0%	93%
Sant Cugat del Vallès	1%	2%	88%	9%	1%

Sant Feliu de Llobregat	1%	14%	86%	0%	0%
Sant Joan Despí	0%	9%	91%	0%	0%
Sant Just Desvern	27%	0%	71%	2%	0%
Sant Martí	0%	100%	0%	0%	0%
Sant Vicenç dels Horts	4%	0%	50%	0%	47%
Santa Coloma de Cervelló	16%	0%	6%	7%	71%
Santa Coloma de Gramenet	0%	97%	3%	0%	0%
Sants-Montjuic	0%	98%	2%	0%	0%
Sarrià-Sant Gervasi	0%	96%	3%	0%	1%
Tiana	11%	3%	78%	6%	3%
Torrelles de Llobregat	29%	0%	0%	0%	71%
Viladecans	2%	0%	88%	10%	0%

Este mismo análisis podría ser realizado con el EDF de forma análoga. En este trabajo se ha decidido centrarse en el IA debido a su sentido físico más comprensible. El EDF ha sido usado para profundizar más en las zonas donde existía algún tipo de duda y, sobretudo, para ver el efecto de la introducción de nuevas infraestructuras en el efecto global de la accesibilidad.

3.5.2 Accesibilidad equipamientos

El estudio de la accesibilidad de los equipamientos (hospitales y centros universitarios) se ha realizado de forma distinta al estudio general del AMB. Por una parte, se ha obtenido el valor del IA y del EDF de la parcela donde se encontraba el equipamiento, pero también se ha buscado el número de líneas de cada medio de transporte disponible en un radio de 500 metros. El valor del radio ha sido determinado en función de los valores de los radios de influencia típicos del transporte público, aunque reduciéndolos un poco para asegurar que todas las estaciones consideradas estuvieran cerca del equipamiento. Inicialmente se han generado polígonos con el radio de influencia considerado. El procedimiento ha sido análogo al mostrado para el cálculo de los indicadores de accesibilidad. Sin embargo, luego se ha realizado un estudio del número de líneas existentes en cada polígono. Esto se ha realizado manualmente, observando cada estación del radio de influencia y anotando el número distinto de líneas. Se ha realizado manualmente por la falta de algún método automático que permitiese el conteo de líneas distintas. Sin embargo, se ha considerado más relevante basarse en el número de líneas que no en el número de estaciones, ya que pueden existir más de una estación de la misma línea en el radio de influencia. Lo que se pretendía analizar era la conectividad desde un punto de vista muy básico, es decir, a mayor número de líneas disponibles, mayor conectividad dispondrá ese hospital. Eso se debe a que existirá una mayor área que será cubierta por dichas líneas y se podrá acceder desde más puntos sin la necesidad de transbordo. Los resultados encontrados para los hospitales son mostrados en la Tabla 5 y para los centros universitarios en la Tabla 6.

Tabla 5. Número de líneas de cada medio de transporte disponibles para los hospitales del AMB

Nombre hospital	Municipio	Número de líneas					Total
		Tranvía	Metro	FGC	Autobús	RENFE	
Mutua Londres	Barcelona	0	1	0	11	0	12
Hospital de Vall d'Hebrón	Barcelona	0	2	0	9	0	11
Mutua Copèrnic	Barcelona	0	0	4	3	0	7
Hospital Municipal de Badalona	Badalona	0	1	0	9	0	10
Hospital Sant Rafael	Barcelona	0	2	0	7	0	9
Hospital Plató	Barcelona	0	0	4	2	0	6
Hospital Sanitas CIMA	Barcelona	2	1	0	5	0	8
Hospital Sagrat Cor	Barcelona	0	0	0	10	0	10
Hospital Casa Maternitat	Barcelona	2	0	0	6	0	8
Centro de Oftalmologia Barraquer	Barcelona	0	0	3	3	0	6
Centro Medico Delfos	Barcelona	0	1	0	7	0	8
Hospital de l'Esperit	Santa Coloma de Gramanet	0	0	0	8	0	8
Hospital de Sant Pau	Barcelona	0	1	0	6	0	7
Fundació Puigvert	Barcelona	0	1	0	6	0	7
Hospital Clínic	Barcelona	0	1	0	6	0	7
Hospital del Mar	Barcelona	0	0	0	7	0	7
Hospital Dos de Maig	Barcelona	0	1	0	5	0	6
Hospital de l'Hospitalet	L'Hospital de Llobregat	0	1	0	5	0	6
Hospital Moises Broggi	Sant Joan Despi	1	0	0	5	0	6
Hospital Germans Trias i Pujol (Can Ruti)	Badalona	0	0	0	6	0	6
Hospital Sant Joan de Deu d'Esplugues	Esplugues de Llobregat	0	0	0	6	0	6
Hospital Asepeyo	Sant Cugat del Valles	0	0	2	1	0	3
Hospital Quirón	Barcelona	0	0	0	5	0	5
Hospital General de Catalunya	Sant Cugat del Valles	0	0	2	0	0	2
Hospital General del Parc de Sant Joan de Deu de Sant Boi	Sant Boi de Llobregat	0	0	0	4	0	4
Clinica Corachan	Barcelona	0	0	0	4	0	4

3. Modelo de accesibilidad

Hospital de Bellvitge	L'Hospital de Llobregat	0	1	0	2	0	3
Hospital de Viladecans	Viladecans	0	0	0	3	0	3
Hospital de l'Esperança	Barcelona	0	0	0	2	0	2
Institut Guttmann	Badalona	0	0	0	2	0	2

Tabla 6. Número de líneas de cada transporte disponibles para los centros universitarios en el AMB

		Número de líneas					
Centro	Universidad	Tranvía	Metro	FGC	Autobús	RENFE	Total
Bellas Artes	UB	2	2	0	15	0	19
Biblioteconomía y Documentación	UB	0	2	0	8	5	15
Biología	UB	2	1	0	14	0	17
Campus de la Ciutadella	UPF	1	1	0	4	0	6
Campus del Mar	UPF	0	0	0	6	0	6
Campus del Poblenou	UPF	1	0	0	3	0	4
Geología	UB	2	1	0	14	0	17
Derecho	UB	2	1	0	13	0	16
Economía y Empresa	UB	2	2	0	16	0	20
Educación	UB	0	0	0	0	0	0
Campus Diagonal Besós	UPC	1	1	0	0	0	2
Campus Castelldefels	UPC	0	0	0	1	0	1
Construcción	UPC	2	2	0	18	0	22
Industriales	UPC	2	2	0	15	0	19
Arquitectura Barcelona	UPC	2	2	0	16	0	20
Arquitectura Vallès	UPC	0	0	0	2	0	2
Campus Nord	UPC	0	0	0	12	0	12
Farmacia	UB	2	1	0	12	0	15
Filología	UB	0	4	0	10	0	14
Filosofía	UB	0	3	4	12	3	22
Matemáticas	UPC	2	2	0	15	0	19
Náutica	UPC	0	1	0	7	1	9
Geografía e Historia	UB	0	3	4	7	0	14
Matemáticas e Informática	UB	0	4	0	11	3	18
Medicina	UB	0	0	0	7	0	7
Psicología	UB	0	0	0	0	0	0
Química	UB	2	1	0	14	0	17
Campus de Bellaterra	UAB	0	0	2	0	0	2

3.5.3 Resultados

Los resultados obtenidos para el IA y el EDF para cada parcela, según las zonas de estudio, la pérdida de accesibilidad por la falta de adaptación, la mejora de accesibilidad por la creación de nuevas estaciones y la accesibilidad de los equipamientos públicos son mostrados en el Anejo 2.

3.6 Comparación con otros modelos de accesibilidad

A continuación, se realizará una comparación del modelo empleado en el presente trabajo con otros modelos existentes. Esto resulta interesante ya que permite ver qué puntos comparten, en qué partes discrepan y cuáles son los resultados proporcionados por cada método.

Public Transport Accessibility Level (PTAL)

Tal y como se ha explicado anteriormente, el modelo del *Public Transport Level Accessibility* (Transport for London) se formula mediante la Ecuación (8). En este modelo el Índice de Accesibilidad presenta unidades de frecuencia y se obtiene a partir del TAT (Total Access Time). El TAT es el sumando del tiempo de viaje hasta la estación de transporte público y el tiempo de espera en ella.

$$EDF = \frac{1}{2} \sum 1 \cdot \frac{60}{(t_{walking} + t_{waiting})_{min}} + 0,5 \cdot \frac{60}{(t_{walking} + t_{waiting})_i} \quad (8)$$

El TAT es análogo al IA empleado en el presente trabajo, presenta los mismos sumandos y conceptualmente se obtiene igual. Sólo existe una diferencia entre ambos modelos en este ámbito y es que el TAT es calculado para un momento del día, es decir, existe un TAT para la hora punta y otro para la hora valle, mientras que en el modelo presentado se usa una frecuencia media a lo largo del día. Conceptualmente significa que el indicador del PTAL varía espacial y temporalmente, mientras que en el modelo presentado el indicador sólo depende de su localización. El indicador se puede modificar para también considerar las variaciones temporales, para ello sólo sería necesario colocar la frecuencia deseada o se podría crear una variable extra (hora del día) la cual definiese el valor de la frecuencia en función de su valor.

Respecto a la variable EDF empleada en el presente modelo, también existen ciertas diferencias con el PTAL. En el PTAL el índice de accesibilidad se calcula considerando todas las estaciones en el radio de influencia, mientras que en el modelo presentado sólo se usan las estaciones con mejor accesibilidad de cada medio de transporte. Esta modificación radica en intentar evitar contar más de una vez estaciones que forman parte de la misma ruta, ya que se considera que no implica una mejora en la accesibilidad de la parcela. Si bien es cierto que sus menores valores implicarían una variación baja en el índice de accesibilidad, también es cierto que la mayoría de la gente acaba accediendo a la estación más cercana.

Finalmente, existe una última diferencia entre el modelo del PTAL y el modelo presentado y es que en el PTAL los índices de accesibilidad van asociados a parcelas creadas artificialmente

uniformes en el territorio, mientras que el modelo actual usa las parcelas existentes del área metropolitana. Las ventajas de la metodología del PTAL es que se obtienen índices de accesibilidad para todo el territorio y sus valores deberían ser medianamente continuos en todo el ámbito de estudio (depende del tamaño de la parcela). Por el contrario, no permite la evaluación de la accesibilidad según el uso del suelo o de la población de forma exacta, únicamente de forma aproximada y el coste computacional del modelo es muy superior al del modelo presentado.

En resumen, ambos modelos presentan características muy parecidas, conceptualmente son muy parecidos y su metodología es casi idéntica. En general, el PTAL es un modelo más completo y potente, pero requiere de más variables y tiene un mayor coste computacional haciendo más complicada su implementación y uso. Los resultados obtenidos, además, son de mayor dificultad de comprensión, ya que genera una frecuencia ficticia con un sentido físico no evidente. Sucede un caso parecido con el EDF del presente modelo, sin embargo, el IA tiene un sentido físico muy fácil de entender e interpretar. Esto resulta muy beneficioso a la hora de exponer y entender los resultados, facilitando mucho su comprensión. Esto es una gran ventaja de este método, ya que muchos métodos tienden a buscar la mejor representación de la realidad llegando a resultados de muy complicada comprensión que para gente no técnica resultan ininteligibles. El modelo presente, en cambio, tiene como objetivo ayudar a la planificación del transporte público y por ello da resultados fáciles de entender y que todo el mundo pueda usar.

Weighted Acces for Local Catchments (WALC)

El WALC se focaliza en el tiempo de desplazamiento desde una estación y la percepción que tienen los usuarios al andar, dotando de pesos a las calles según sus características. Se podría definir, por tanto, como una mejora de unos de los sumandos empleados tanto en el PTAL como en el modelo presentado.

En el modelo presentado, todas las calles presentan un mismo peso independientemente de sus características. Existen dos motivos para ello; primeramente, implica una simplificación de los cálculos y trabajando en la primera etapa del modelo no conviene introducir variables demasiado complejas que pueden alterar los resultados. Interesa más centrarse en obtener buenos resultados y asegurarse de la bondad del modelo. El otro motivo es que los pesos otorgados a las distintas características dependen de la percepción de la población, por lo que sería necesario realizar un trabajo de recogida de datos mediante encuestas de gran envergadura el cual cae fuera del alcance del presente trabajo. Sin embargo, se considera que la idea empleada en el WALC es buena, por lo que puede ser una buena línea de futura investigación una vez el modelo esté bien implementado y contrastado.

4 Encuesta

Para dotar un modelo de elección modal es necesario un trabajo de campo mediante la realización de encuestas que reflejen las prioridades de la población. Por ello, en el presente trabajo se ha realizado una encuesta que preguntaba sobre el medio de transporte preferido y más usado dentro de los que disponían. Los resultados al final no se incluyeron en el modelo, sin embargo, han sido empleados en otros apartados como la accesibilidad de los equipamientos para dotar de un mayor peso las opciones prioritarias.

La población total encuestada ha sido de 149 personas. Las preguntas realizadas conjuntamente con las respuestas obtenidas son mostradas en el Anejo 3. Los resultados de forma sintetizada son mostrados en la Tabla 7, donde se muestra cuantos medios de transportes se encontraban disponibles y el preferido dentro de ese total. Finalmente, se incluye el porcentaje de preferencia de ese medio de transporte, el cual ha sido normalizado respecto el total. En la Tabla 8 se muestran los mismos resultados, pero respecto al uso más frecuente.

Tabla 7. Preferencia de medio de transporte según los resultados obtenidos de la encuesta

	Disponible	Preferido	% preferencia	Preferencia normalizada
Autobús	139	27	19%	13%
Metro	93	31	33%	22%
Tranvía	38	13	34%	23%
FGC	51	20	39%	26%
RENFE	54	13	24%	16%

Tabla 8. Uso de cada medio de transporte según los resultados obtenidos de la encuesta

	Disponible	Más usado	% uso	Uso normalizado
Autobús	139	31	22%	15%
Metro	93	42	45%	30%
Tranvía	38	8	21%	14%
FGC	51	22	43%	29%
RENFE	54	9	17%	11%

Los resultados muestran una clara preferencia hacia el metro, el tranvía y los FGC y dejan en un segundo plano al autobús y a la RENFE. Se puede considerar, por lo tanto, que la gente prefiere usar medios de transporte con una puntualidad garantizada y una elevada frecuencia. Se penaliza, consecuentemente, la incertidumbre y la irregularidad. Esto parece bastante lógico y, además, va bastante acorde a los resultados obtenidos, donde existe una fuerte influencia del metro seguida por el tranvía y el FGC. La influencia de la RENFE viene determinada por ser el único medio de transporte disponible y, según los resultados, si existe otro medio de transporte una persona recurrirá antes a ese otro medio.

De estos resultados se puede extraer también que el medio de transporte más extendido y con mayor cobertura espacial es el autobús con una clara diferencia. Le sigue el metro, aunque esto puede encontrarse condicionado al hecho que la mayoría de gente que haya respondido viva en el municipio de Barcelona. FGC y RENFE presentan unos números bastante parejos y considerablemente por debajo del metro, hecho que concuerda con la mayor cobertura espacial que otros medios, pero más focalizada. Finalmente, el medio menos disponible es el tranvía que también es el medio con menor cobertura espacial. Así pues, sin ser representativos, los resultados obtenidos concuerdan con los primeros análisis realizados sobre la red de transporte.

Por lo que respecta al uso, los medios de transporte con mayor uso son el metro y el FGC, acorde a los resultados obtenidos sobre la preferencia. El autobús, el tranvía y la RENFE muestran unos porcentajes de uso más reducidos y bastante parecidos entre ellos. Resulta sorprendente el bajo uso del tranvía, aunque estos resultados pueden estar condicionados por la baja cobertura espacial del tranvía, lo que impide su uso depende de la destinación.

Comparando los porcentajes de preferencia y de uso, se observa que el metro muestra un porcentaje de uso sensiblemente mayor a su preferencia. Esto puede indicar que mucha gente lo usa debido a su buen servicio y alta velocidad, pero de encontrarse en las situaciones ideales optarían antes por otro medio de transporte. El autobús y los FGC muestran unos resultados bastante parecidos, aunque su preferencia es sensiblemente menor a su uso. Sin embargo, esta diferencia no se puede considerar significativo, por lo que se puede considerar que la gente está contenta con el servicio proporcionado. Finalmente, la RENFE y el tranvía presentan porcentajes de preferencia superiores a su uso. Esto significa que estos medios de transporte presentan unas buenas características de comodidad que los hacen deseables para la población, pero debido a su falta de cobertura espacial o bajas frecuencias hacen que su uso se vea reducido.

5 Análisis de resultados

5.1 *Radio de influencia*

Antes de proceder al análisis de resultados, se decidirá qué radio de influencia es mejor para la obtención de conclusiones. En el Mapa 1 y Mapa 2 se muestran los valores del IA y del EDF para los radios determinados por el ATM, mientras que en el Mapa 3 y Mapa 4 se muestran los considerados por varios autores. Los valores de los radios de los últimos mapas son mayores y de ahí que muestren, en general, mejores valores de accesibilidad. Los resultados de los primeros mapas son más ajustados a nivel local. Esta mejora viene causada al usar el mismo número de divisiones, pero menor valor límite. Sin embargo, fuera de estos radios de influencia los valores de accesibilidad bajan drásticamente. Esto no representa la realidad, ya que parece poco creíble que un punto pase de tener un tiempo de acceso de 10 minutos a 18 minutos sólo por el radio considerado. Lo lógico sería pensar que la persona en esa situación andará más de lo considerado por el ATM para acceder a la estación con la que cogerá antes el transporte público. Además, conviene recordar que el método empleado en este modelo coge únicamente el valor mínimo para el IA, así pues, la generación de valores muy elevados para el IA no supone un problema ya que el propio modelo los desestimarán. Por lo que respecta a los mapas del EDF, los resultados son bastante parecidos, simplemente los valores son mayores cuanto mayores son los radios de influencia. Sin embargo, en estos mapas no interesa tanto el sentido físico de los resultados, sino la diferencia entre los distintos puntos. Así pues, ambos mapas se consideran correctos. De este modo, por considerar que representa mejor la realidad y por no crear una alteración significativa en el modelo se ha decidido emplear los siguientes radios para los resultados mostrados y su posterior análisis:

- Autobús → 400 metros
- Tranvía → 800 metros
- Metro → 800 metros
- FGC → 800 metros
- RENFE → 800 metros

5.2 Comparación IA y EDF

Resulta interesante analizar las diferencias existentes entre el IA y el EDF. Teóricamente se había comentado que el IA sólo evaluaba el tiempo de acceso de una parcela al transporte público, mientras que el EDF también daba una percepción de las zonas de intercambio o corredores con distintos medios de transporte. En los mapas generados, el mapa del EDF debería mostrar siempre valores iguales o mayores al obtenido por el IA. Si mostrara el mismo valor significaría que sólo existe un medio de transporte disponible para esa parcela y cuanto mayor sea el valor mostrado respecto el IA significa que existen mayor número de transportes disponibles. Para hacer más clara dicha diferencia, se ha generado un mapa con los valores del EDF convertidos en IA (Mapa 5) y otro con la diferencia relativa entre estos últimos valores y los valores originales del IA (Mapa 6). En estos mapas se aprecia claramente que los valores mostrados por cada indicador difieren considerablemente. Además, el mapa de las diferencias resultará muy útil para ver qué puntos y zonas presentan un mayor potencial para el intercambio de medio de transporte. A primera vista ya se ve que Barcelona y los municipios más cercanos presentan mayores zonas de intercambio. Esto resulta lógico y consistente con la realidad ya que esas zonas son las que disponen de mayor número de medios de transporte potenciando así dicho intercambio.

5.3 Mapa de accesibilidad

En el Mapa 3 se muestra el mapa con el Índice de Accesibilidad para el AMB, mientras que en el Mapa 4 se muestra el mapa con el EDF para el AMB. Tal como se ha comentado, ambos mapas presentan una similitud, ya que ambos son indicadores de accesibilidad. La diferencia radica en que mientras el IA indica el tiempo de acceso de una parcela al transporte público, el EDF también nos indica qué zonas presentan mayor número de medios de transporte y, por lo tanto, mayor potencial para realizar intercambio entre medios.

Otra diferencia es la diferencia entre zona. En el mapa del EDF es más marcada, mientras que en el mapa del IA todo queda más suavizado. Esto es comprensible, ya que el mapa del IA expresa el tiempo mínimo de una parcela para acceder a la red de transporte público y existen ciertos límites superiores e inferiores que son difíciles de superar, concentrándose la mayoría de valores en un término medio. El límite inferior existe debido a que inevitablemente existirá un tiempo de desplazamiento y un tiempo de espera y, por muy pequeño que sean, será difícil que se reduzcan a un mínimo y se haga patente la diferencia con las otras parcelas. Por lo que respecta a los valores máximos, una persona no estará dispuesta a esperar más de un tiempo límite para acceder a la red de transporte. Llegado al límite contemplará otras opciones que serán más rentables. De este modo, todos los valores por encima este límite se considerarán no accesibles, limitando así los resultados en un rango de valores bastante limitado.

En cambio, el mapa del EDF, al considerar también las distintas estaciones existentes en el radio de influencia consigue que las zonas con mayor número de estaciones distintas potencien su valor de accesibilidad, estirando de este modo el dominio de los valores del parámetro y consiguiendo un mapa con mayores contrastes. En el mapa del EDF, además, se puede apreciar

muy claramente las zonas con mayor intermodalidad, las cuales son básicamente Sants, Plaça Catalunya y Arc de Triomf, las cuales disponen la mayor variedad de medios de transporte además de buenas frecuencias. Otras zonas que presentan potencial de zona de intercambio son Glories, la Sagrera, Cornellà Centre, l'Hospitalet centro y, en menor medida, Maria Cristina, Hospital Clínic y Plaça de Joan Carles I.

Sin embargo, a rasgos generales se pueden sacar unas conclusiones generales de ambos mapas. La primera es la clara mejor accesibilidad del municipio de Barcelona respecto a cualquier otro municipio del AMB. Esto resulta lógico, ya que Barcelona es el núcleo alrededor del cual gira toda actividad en el AMB, así pues, debe disponer de mejor accesibilidad. En el mapa del EDF se apreciar muy claramente, ya que todo Barcelona presenta unos índices muy superiores a los otros municipios. En el mapa de IA puede no resultar tan evidente, pero si uno se fija, Barcelona presenta unos índices ligeramente mejores que en el resto de municipios.

Seguidamente, se puede ver que todos los municipios más cercanos a Barcelona, los que conformarían la primera corona, disponen también de una accesibilidad bastante superior a los otros municipios. Esto es coherente con la realidad, ya que estos municipios son los que realizan más desplazamientos hacia Barcelona, además de al encontrarse más cerca espacialmente facilitan la llegada de transportes y, por lo tanto, de su accesibilidad. Esto sucede especialmente con el metro, el tranvía y con una cantidad considerable de líneas de autobuses.

Finalmente, los municipios más en el extrarradio son los que disponen de peor accesibilidad. El motivo es que su servicio de transporte público es mucho más limitado (menor número de líneas de autobuses y, generalmente, una línea de RENFE o FGC). Esto se puede apreciar muy claramente ya que en ambos mapas la mayoría de sus zonas presentan índices de accesibilidad deficientes o directamente no hay accesibilidad.

5.4 Análisis de las zonas de estudio

Todos estos resultados se corroboran en el Mapa 12 y el Mapa 13, los cuales muestran los porcentajes de área y población respectivamente para unos ciertos niveles de accesibilidad. En estos mapas, se ha marcado con un color distinto el municipio de Barcelona, la primera corona (que corresponde a la antigua EMT) y la segunda corona. Se puede observar claramente que el municipio de Barcelona es el que presenta mejor accesibilidad en ambos casos con una diferencia abismal con los otros municipios. Seguidamente, los municipios de la antigua EMT son los que presentan una mejor accesibilidad y finaliza con los municipios de la segunda corona. En este último caso existen algunas excepciones, ya que ciertos municipios de la segunda corona presentan mejor accesibilidad que algunos de la primera, como son el caso de Sant Cugat del Vallès y Gavà, por ejemplo. Sin embargo, esto resulta lógico ya que espacialmente se encuentran más cerca y disponen de medios de transporte eficientes y con buen servicio, como son los FGC, mientras que los otros se hallan en el límite exterior y, generalmente, disponen de una o dos estaciones de RENFE, servicio el cual presenta una frecuencia más reducida. Los datos mostrados en el Mapa 12 y Mapa 13 también son mostrados en forma de gráficos desde la Figura 11 hasta la Figura 16, para el área y población y agrupados según si se hallan en el municipio de Barcelona, en la primera corona o en la segunda corona. En estos gráficos, y en los mapas

también, se ha dividido la población y área abastecido según unos límites del IA. Este límite ha sido fijado en 10 minutos o menos, entre 10 y 20 minutos, entre 20 y 30 minutos, más de 30 minutos y sin accesibilidad. Para los gráficos referentes al municipio de Barcelona se ha modificado los límites para el IA, ya que con los límites usados globalmente resultaba imposible discernir qué zonas disponían de mejor y peor accesibilidad. Por ello, se ha reducido la división del IA a 5 minutos, aumentando así el número de divisiones.

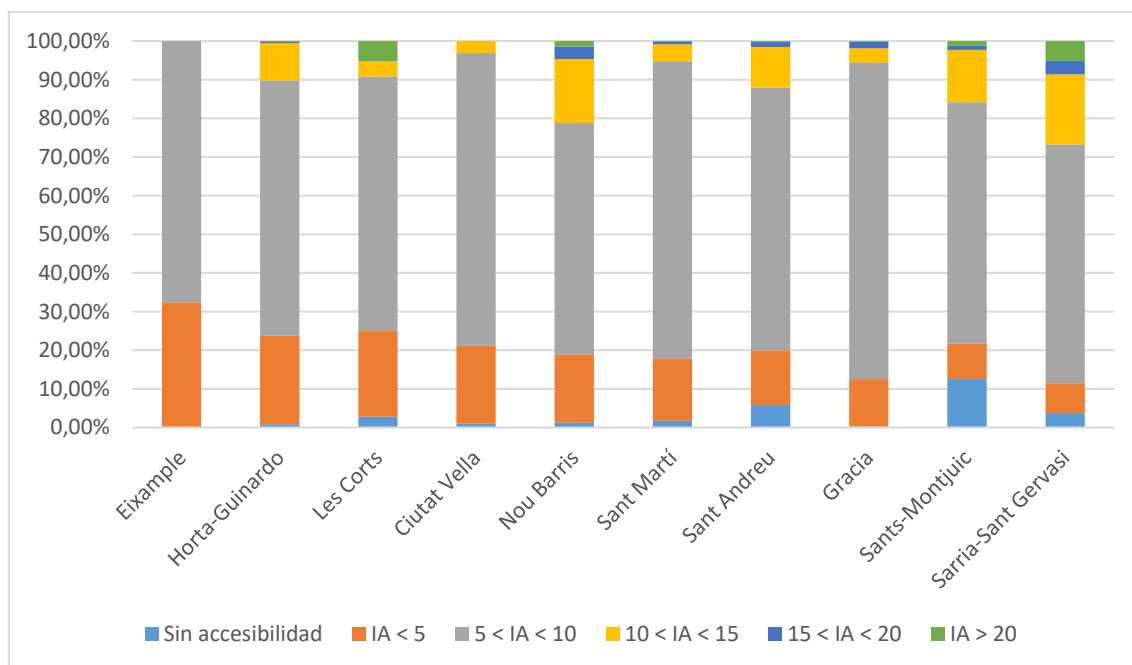


Figura 11. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los distritos de Barcelona

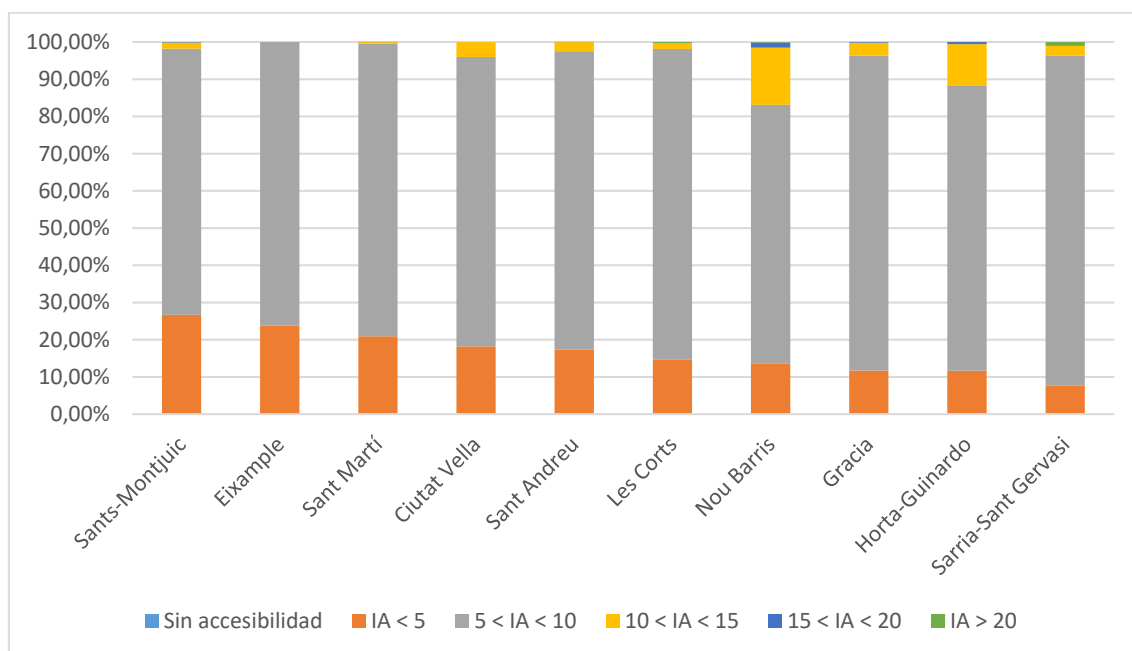


Figura 12. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los distritos de Barcelona

Focalizándose en cada ámbito mencionado anteriormente en particular (Barcelona, primera y segunda corona) se pueden sacar conclusiones más relevantes. Por lo que respecta al municipio de Barcelona, la gran mayoría de población tiene acceso a la red de transporte público, más concretamente sólo el 0,05% se considera que tiene accesibilidad igual a cero. Para hacer más patente esta buena accesibilidad, más del 95% de la población de metro puede acceder a la red de transporte público en menos de 10 minutos y el 17,5% en menos de 5 minutos. Si se mira por cada distrito, el Eixample, Sant Martí y Sants son los que presentan mejor accesibilidad, teniendo el Eixample el 100% de su población con acceso al transporte público a menos de 10 minutos, Sant Martí por encima del 99% de su población y Sants algo más del 98%. Sin embargo, Sants es el distrito que presenta mayor porcentaje de población con menos de 5 minutos para acceder al transporte público, con un 26,6%, seguido por un 23,8% del Eixample y un 21% de Sant Martí. Es decir, todos ellos tienen más del 20% de su población con un acceso inferior a los 5 minutos. Les siguen de cerca Ciutat Vella, Sant Andreu y Les Corts respectivamente, todos con más del 95% de su población con un acceso al transporte público inferior a los 10 minutos y entre el 14% y el 18% de su población con un tiempo de acceso inferior a los 5 minutos. En último lugar quedan Nou Barris, Gracia, Horta y Sarrià-Sant Gervasi. En el caso de Gracia y Sarrià-Sant Gervasi esto sucede debido al elevado porcentaje de la población con acceso al transporte público entre 5 y 10 minutos, los más elevados para todo el municipio de Barcelona. Estos porcentajes son 84,6% y 88,6% respectivamente. Por el contrario, en Nou Barris y Horta esto sucede por mostrar los porcentajes de población más elevados con accesibilidad superior a los 10 minutos; 16,9% y 11,8% respectivamente. De hecho, muestran los porcentajes más elevados en cada uno de los niveles superiores a los 10 minutos, con excepción del tiempo de acceso superior a los 20 minutos, aunque los porcentajes en dicho nivel resultan insignificantes en la mayoría de distritos. La peor accesibilidad de estos 4 distritos tiene una explicación lógica y sencilla. En el caso de Horta y Nou Barris, la mayoría de su superficie se encuentra en terreno montañoso, hecho que dificulta la cobertura espacial del transporte público y, consecuentemente, crea un aumento del tiempo de desplazamiento que repercute en el tiempo de acceso final. Este también es el caso de Sants, sin embargo, en Montjuïc no hay casi viviendas, por lo que la población no se ve afectada por la orografía. Gracia es un distrito con una trama urbana muy antigua y compleja, generalmente formada por calles peatonales y de poco ancho. Esto limita considerablemente la implementación de medios de transporte superficiales, limitando el servicio de transporte público al metro y FGC. Esta falta de medios de transporte público y, como resultado, de estaciones causa que el tiempo de acceso se vea aumentado. Finalmente, Sarrià-Sant Gervasi también presenta cierto terreno montañoso en parte de su superficie y un entramado urbano antiguo y de poco ancho en otras partes. Además, se trata del distrito con una menor densidad de población. Todos estos factores dificultan la implementación de un buen servicio de transporte público en términos de accesibilidad y generan tiempos de acceso más altos. Otra característica de Sarrià-Sant Gervasi, la cual puede ser una consecuencia de esta peor accesibilidad, es que presenta el mayor índice de motorización de todos los distritos. Esto puede ser interpretado como que la demanda del transporte público es menor y, por tanto, menos necesario de proporcionar un buen servicio o, por el contrario, que se trata de una consecuencia del mal servicio y que si se proporcionara un mejor servicio existiría una migración de la gente que usa el transporte privado al transporte público.

Si observamos la accesibilidad en términos de área se observa, justamente, que Sant-Montjuïc presenta el mayor porcentaje de área si accesibilidad, haciendo patente la dificultad de la implementación del transporte público en terreno montañoso. Lo que sorprende en este caso son los buenos resultados obtenidos por Nou Barris y Horta-Guinardó, especialmente en el caso de Horta-Guinardó donde hay un mayor porcentaje de área con acceso menor a 10 minutos del transporte público que de población. Esto puede ser explicado porque la mayoría de parcelas residenciales se hallan a lo alto de la montaña, de modo que para dotarles de accesibilidad se debe abastecer una gran área no residencial. Por lo que respecta a los distritos restantes, el Eixample sigue siendo el distrito que tiene mejor accesibilidad con el 100% de su área con accesibilidad menor a 10 minutos y casi un tercio a menos de 5 minutos. Ciutat Vella, Sant Martí, Les Corts y Sant Andreu siguen mostrando buenos índices de accesibilidad, con más del 80% de su área a menos de 10 minutos del transporte público y entre un 14% y un 22% de su área con accesibilidad menor a los 5 minutos. Sorprende los elevados porcentajes sin accesibilidad mostrados por Les Corts y Sant Andreu, con un 2,8% y un 5,8% respectivamente. Esto viene causado por la presencia de una zona montañosa en el distrito de Les Corts (barrio de La Mercè y Collserola) y por la presencia de zonas de no residenciales de gran extensión para el caso de Sant Andreu (Parc de la Trinitat y alrededores). Finalmente, los resultados obtenidos por Gracia y Sarria-Sant Gervasi son bastante parecidos a los de población, especialmente en Gracia. Sarria-Sant Gervasi presente un porcentaje de área con acceso menor a 5 minutos muy parecido al de población (alrededor del 7%), sin embargo, el porcentaje de área sin accesibilidad y con tiempo de acceso superior a los 10 minutos aumentan considerablemente, llegando al 25% entre ambos. El porcentaje sin accesibilidad es debido a la zona de Vallvidrera, la cual no dispone de casi ningún medio de transporte, pero que al no disponer casi de población no se veía reflejado en el porcentaje de población. El porcentaje con accesibilidad superior a los 10 minutos viene causado parcialmente por la zona accesible de Vallvidrera y por las parcelas situadas por encima y por debajo de la Ronda de Dalt. La zona de la Bonanova, por eso, no dispone de muchos medios de transporte, únicamente unas pocas estaciones de FGC y autobús. Esto se puede apreciar en el Mapa 3 y, especialmente, en el Mapa 6, donde es una de las zonas con peores valores de Barcelona sólo equiparable con las partes más montañosas del municipio. Esta zona es, por lo tanto, una de las que presenta peor accesibilidad de todo Barcelona y que se debería de proporcionar algún medio de transporte alternativo. Causalmente o casualmente, el trazado central de la línea 9 del metro pasaba por ahí, lo que probablemente significaría una mejora sustancial de esa zona. Aunque esto será analizado debidamente en el apartado referente a dicha línea.

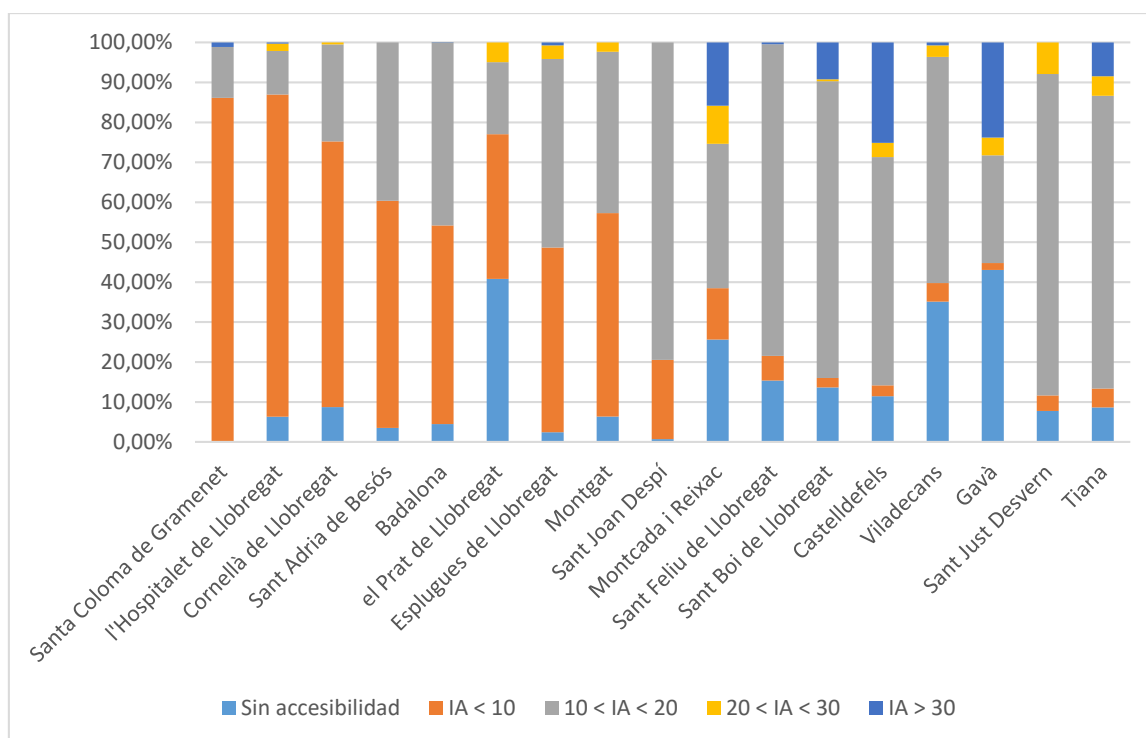


Figura 13. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los municipios de la primera corona

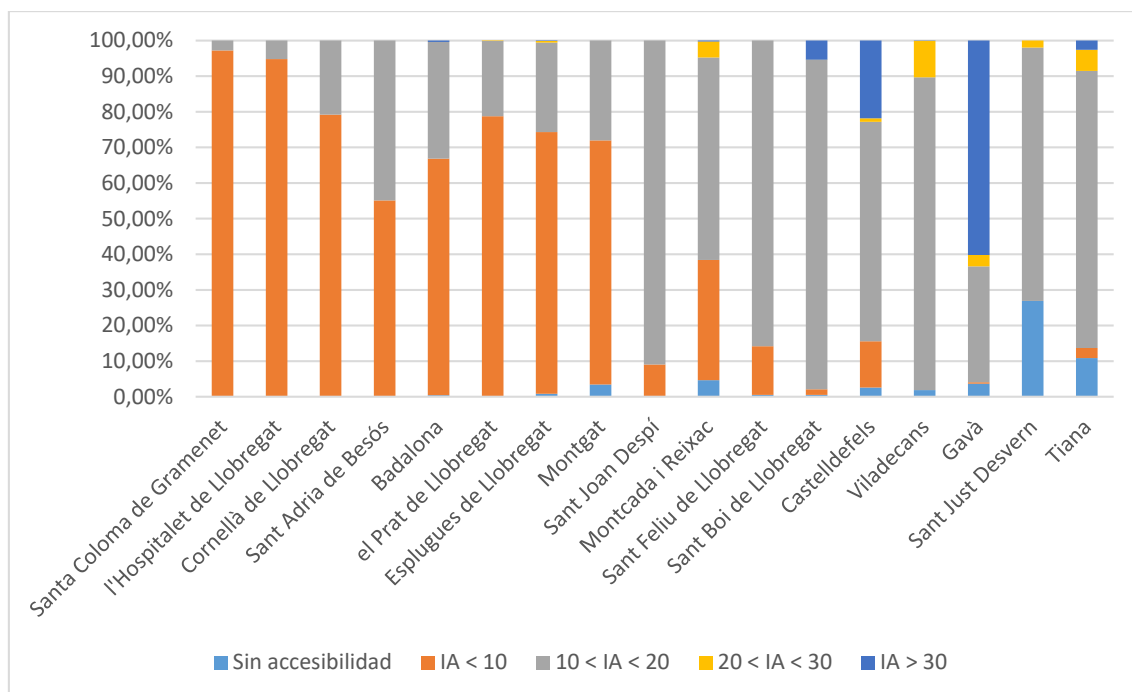


Figura 14. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los municipios de la primera corona

Por lo que respecta a la primera corona, se puede hacer una división de los municipios en dos grupos en función de su accesibilidad. En el primer grupo, el cual presenta mejor accesibilidad,

se incluye Santa Coloma de Gramanet, l'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Sant Adrià del Besòs, Badalona, Esplugues de Llobregat, Sant Joan Despí, el Prat de Llobregat y Montgat. El segundo grupo, por lo tanto, está formado por Sant Feliu de Llobregat, Montcada i Reixac, Castelldefels, Tiana, Sant Boi de Llobregat, Sant Just Desvern, Viladecans y Gavà. Si se sitúan los municipios en un mapa del AMB, se puede observar que en general los municipios con mejor accesibilidad son los más cercanos al municipio de Barcelona y algunos más lejanos, pero de mayor tamaño y población como son Badalona y el Prat de Llobregat. Los únicos municipios que no cumplen dicha condición son Montgat, que presenta índices muy superiores a los que cabría esperar, y Sant Just Desvern, el cual presenta uno de los peores índices de accesibilidad de toda la primera corona.

Centrando la atención en el primer grupo mencionado, en términos de población l'Hospital de Llobregat y Santa Coloma de Gramanet presentan los mejores índices de accesibilidad con mucha diferencia, son los únicos municipios con más del 90% de la población con tiempo acceso al transporte público menor a 10 minutos y con una cantidad ínfima de población sin acceso al transporte público. A continuación, se encuentran los municipios de Cornellà de Llobregat, el Prat de Llobregat, Esplugues de Llobregat, Montgat, Badalona y Sant Adrià del Besòs, los cuales tienen entre el 60% y el 80% de la población con accesibilidad menor a los 10 minutos. De estos, Esplugues de Llobregat y Montgat presentan una accesibilidad algo inferior; en el caso de Montgat por tener casi un 3,5% de su población sin accesibilidad al transporte público, el porcentaje mayor de este segundo grupo, y en el caso de Esplugues de Llobregat por presentar el segundo mayor porcentaje de población sin accesibilidad (0,85%) y, además, el porcentaje mayor de población con más de 20 minutos de accesibilidad del grupo (0,6%). Finalmente, en términos de población, el municipio peor abastecido de este primer grupo es Sant Joan Despí ya que la gran mayoría de su población (un poco más del 90%) tiene una accesibilidad de entre 10 y 20 minutos.

Respecto al área, en este primer grupo l'Hospitalet de Llobregat y Santa Coloma de Gramanet siguen siendo los que presentan mejores índices de accesibilidad. De hecho, son los únicos municipios con más del 80% de su área con una accesibilidad inferior a 10 minutos. Sorprendentemente, l'Hospital de Llobregat presente más de un 6% de su área sin accesibilidad, aunque ésta corresponde a una zona de conreo cerca de la Ronda Litoral, por lo que resulta comprensible e irrelevante. En siguiente lugar se encuentran los municipios de Cornellà de Llobregat, Sant Adrià del Besòs, Montgat, Badalona, Esplugues de Llobregat y el Prat de Llobregat, los cuales tienen entre el 40% y el 70% de su área con accesibilidad inferior a los 10 minutos (el Prat presenta unos valores algo inferiores, pero tiene una explicación lógica, por lo tanto, se ha considerado oportuno incluirlo en el grupo). Todos estos municipios presentan unos valores bastante parecidos, aunque Montgat y Esplugues de Llobregat presentan unos valores algo inferiores, ya que tienen un mayor porcentaje de su área con accesibilidad superior a los 20 minutos (2,34% y 4,13% respectivamente). En el caso de Montgat esto viene motivado por las parcelas situadas más lejos de la estación de la RENFE. De hecho, el motivo por el cual Montgat presenta tan buena accesibilidad es debido a su pequeño tamaño y la existencia de una estación de RENFE, la cual abastece a la gran mayoría de su población. El caso de Esplugues de Llobregat se explica por la presencia de zonas montañosas dentro del municipio, las cuales, como ya se ha comentado, presentan peor accesibilidad. El Prat de Llobregat es un caso particular, ya que es el municipio de la primera corona con mayor porcentaje de área sin accesibilidad, aunque esto

viene motivado por la presencia del Aeropuerto de Barcelona. Finalmente, en último lugar se halla Sant Joan Despí. Aunque presenta muy buenos porcentajes en cuanto a área no accesibles (el 0,70%, sólo por debajo de Santa Coloma de Gramenet), la gran mayoría de su superficie presenta una accesibilidad de entre 10 y 20 minutos (casi el 80%).

Así pues, y a modo de resumen, dentro de los municipios que conforman la primera corona (y a excepción de Barcelona), los que presentan mejores índices de accesibilidad son Santa Coloma de Gramenet y l'Hospital de Llobregat, seguidos por Cornellà de Llobregat, Sant Adrià del Besòs, Badalona, el Prat de Llobregat, Montgat y Esplugues de Llobregat y en último lugar, de este primer grupo, recae Sant Joan Despí.

Fijándose en el segundo grupo y en términos de población abastecida, Montcada i Reixac, Sant Feliu de Llobregat y Castelldefels son los que presentan mejores índices de accesibilidad. Montcada i Reixac es el municipio con mayor porcentaje de población con accesibilidad menor a 10 minutos (único por encima del 30%), probablemente causado por las estaciones de RENFE que disponen, aunque presenta casi un 5% de población sin accesibilidad al transporte público (el mayor de entre estos 3 municipios). Sant Feliu de Llobregat presenta casi la totalidad de su población con accesibilidad al transporte público (casi 99,5%), sin embargo, más del 85% de su población se encuentra con una accesibilidad entre los 10 y 20 minutos. Castelldefels se encuentra a medio camino entre estos dos municipios, aunque sus valores de accesibilidad son algo peores. Los municipios restantes; Tiana, Sant Boi de Llobregat, Gavà, Viladecans y Sant Just Desvern presentan unos índices de accesibilidad bastante pobres. Sant Boi de Llobregat es el municipio con mayor porcentaje de la población con acceso al transporte público, pero la gran mayoría (por encima del 90%) tienen una accesibilidad de entre 10 y 20 minutos. Gavà y Viladecans también presentan buenos porcentajes de población abastecida (más del 95%), sin embargo, Viladecans presenta más del 10% de la población con una accesibilidad de entre 20 y 30 minutos y Gavà todavía peor, un 60% de la población tiene una accesibilidad superior a la media hora. Estos casos pueden ser explicados por la presencia de buenos medios de transporte (RENFE generalmente), pero con frecuencias muy pobres que producen valores de accesibilidad muy bajos. De hecho, Viladecans no tiene a nadie con accesibilidad menor a 10 minutos y Gavà un mísero 0,5%. Finalmente, Tiana y Sant Just Desvern presentan resultados con cierta similitud también. Ambos tienen el mayor porcentaje de población sin accesibilidad de la primera corona (10% y 25% respectivamente) y la mayoría de su población se encuentra con una accesibilidad de entre 10 y 20 minutos. Estos resultados son consecuencia de la situación orográfica de dichos municipios, los cuales presentan gran parte de su superficie en terreno montañoso. Tal y como se ha comentado y visto anteriormente en el caso de Barcelona, esto implica una reducción de la accesibilidad aumentando el tiempo de acceso de forma casi sistemática.

Por lo que respecta al área, los resultados obtenidos para todos los municipios son bastantes parejos. Quizás el que muestra mejor accesibilidad es Sant Feliu de Llobregat ya que aún y presentar un porcentaje considerable de su superficie sin accesibilidad (15%), el resto de su área tiene una accesibilidad inferior a 20 minutos, hecho compartido por pocos municipios. Sant Just Desvern presenta unos números parecidos, aunque intercambia parte de su área sin accesibilidad por accesibilidad entre 20 y 30 minutos. Tiana, Castelldefels y Sant Boi de Llobregat presentan números parecidos, con entre un 5% y un 15% de su área sin accesibilidad, con el gran grueso de su área con accesibilidad entre 10 y 20 minutos, y con un porcentaje no despreciable

de área con accesibilidad superior a los 40 minutos. Viladecans y Gavà son los municipios con mayor porcentaje de área sin accesibilidad (35% y 43% respectivamente), aunque su diferencia radica en que Viladecans muestra el resto de su área con accesibilidad inferior a los 20 minutos, mientras que Gavà tiene un porcentaje considerable (casi el 24%) de área con accesibilidad superior a los 40 minutos. Estos resultados pueden ser explicados bastante fácilmente; el caso de Sant Just Desvern es por su orografía, como ya se ha mencionado anteriormente, la cual dificulta la implementación del transporte público aumentando así su tiempo de acceso medio. En los otros casos, son generalmente municipios más lejanos cuya accesibilidad viene generalmente condicionada por las estaciones de RENFE presentes y que han sufrido expansiones más o menos fuertes en sus límites y con un fuerte componente de casas unifamiliares. Esto ha potenciado que existan porcentajes no despreciables de área sin accesibilidad o con accesibilidad bastante mala (a lo que se debe añadir la baja frecuencia del servicio). La política aplicada en estos casos es mayoritariamente consecuencial, es decir, cuando se ve una zona con mala accesibilidad y una posible fuerte demanda se procede a la implementación del transporte público y no al revés (lo cual resultaría más lógico), fomentando la aparición de zonas menos agraciadas en términos de accesibilidad. Finalmente, Montcada y Reixar presenta unos números únicos, con mucha diversidad. Mientras presenta casi un cuarto de su área sin accesibilidad y otro cuarto con accesibilidad superior a los 30 minutos, es el municipio con mayor porcentaje de su superficie con accesibilidad inferior a los 10 minutos (casi el 13%). Esto viene condicionado por la presencia de dos zonas de carácter no residencial aisladas del núcleo urbano las cuales no disponen de accesibilidad y que, sumado a la pequeña superficie del municipio, causan la aparición de dichos porcentajes.

Así pues, y a modo de resumen, los municipios que presentan mejores índices de accesibilidad de este segundo grupo son Montcada i Reixac y Sant Feliu de Llobregat, seguidos de Sant Boi de Llobregat y Castelldefels y relegando en último lugar Viladecans, Gavà, Tiana y Sant Just Desvern, los cuales por sus distintas características resultan complicados de comparar.

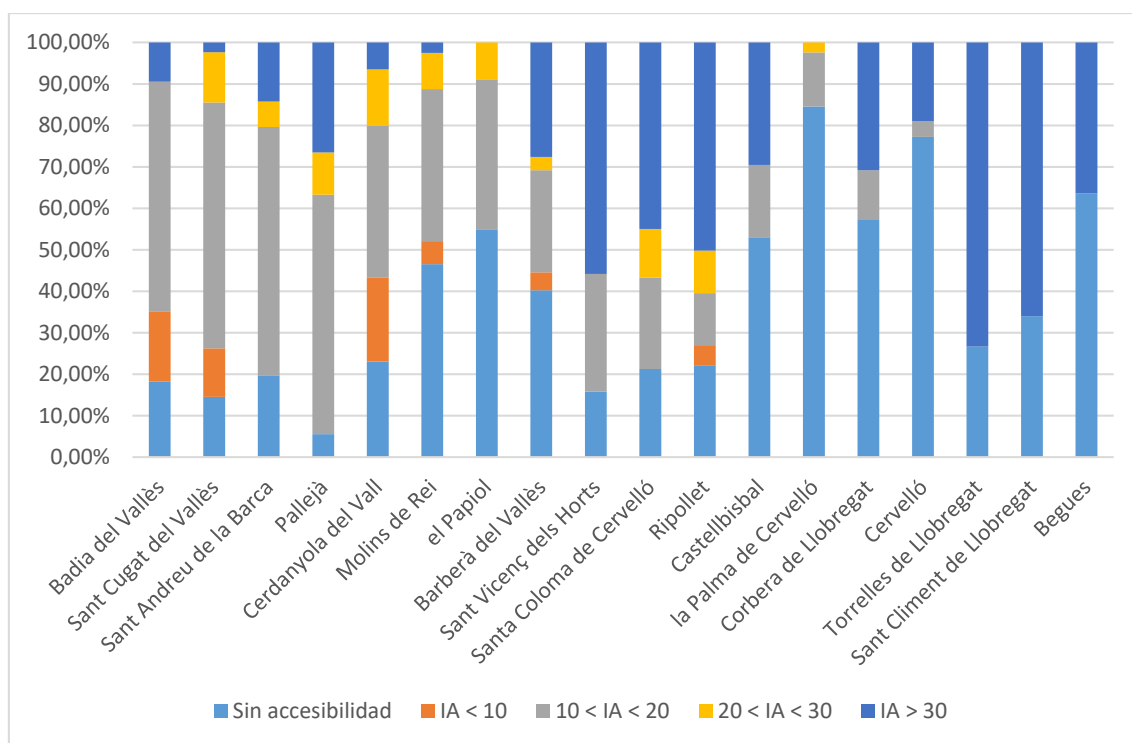


Figura 15. Porcentaje de área bajo cada límite del IA para los municipios de la segunda corona

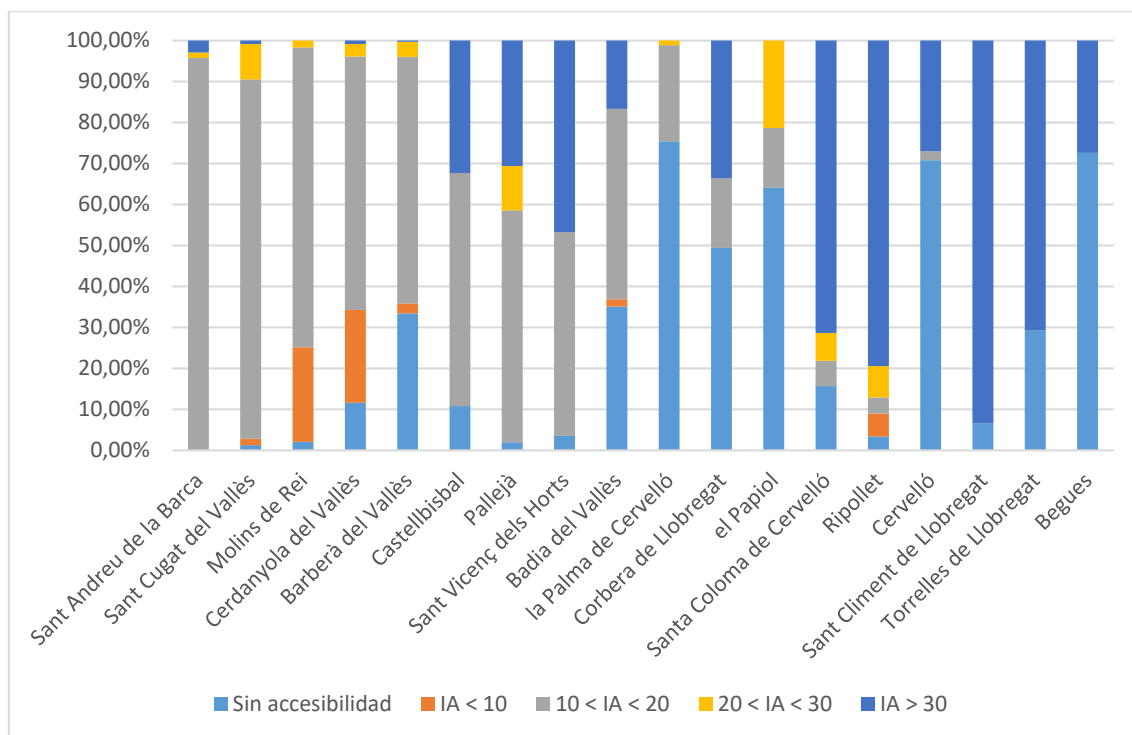


Figura 16. Porcentaje de población bajo cada límite de IA para los municipios de la segunda corona

Finalmente, de los municipios de la segunda corona y en términos de población, el que presenta mejor accesibilidad es Molins de Rei, ya que es el que presenta mayor porcentaje de su población con accesibilidad menor a 10 minutos (23%) y, además, presenta porcentajes bajos de población sin accesibilidad (2%) o con accesibilidad superior a los 20 minutos (menos del 2%). Le siguen Sant Andreu de la Barca, Sant Cugat del Vallès y Cerdanyola del Vallès. Sant Andreu de la Barca y Sant Cugat del Vallès presentan números muy parecidos, con un bajo porcentaje de su población sin accesibilidad (por debajo del 1,5%) y con la mayoría de su población con una accesibilidad entre 10 y 20 minutos. Cerdanyola del Vallès, por el contrario, presenta un porcentaje no despreciable de su población sin accesibilidad (superior al 10%), sin embargo, tiene a más de un 20% de su población con accesibilidad inferior a 10 minutos, lo que le hace ganar enteros. Todos estos municipios se caracterizan por hallarse relativamente cerca de Barcelona (Sant Cugat del Vallès y Cerdanyola del Vallès hacen frontera con Barcelona, aunque tienen Collserola por medio) y tener servicio de RENFE y FGC, lo que les proporciona una buena accesibilidad. Los siguientes son Barberà del Vallès, Castellbisbal, Pallejà, Sant Vicenç dels Horts y Badia del Vallès. Estos municipios ya empiezan a presentar índices de accesibilidad bastante malos y se salvan por presentar un grueso importante de su población con una accesibilidad de entre 10 y 20 minutos (entre el 45% y el 60%). Sin embargo, tanto Barberà del Vallès como Badia del Vallès presentan algo más de un tercio de su población sin accesibilidad y Pallejà, Sant Vicenç dels Horts y Castellbisbal tienen casi un tercio de su población (en el caso de Sant Vicenç dels Horts casi llega a la mitad) con accesibilidad superior a los 30 minutos. Todos estos municipios se caracterizan por tener una extensión relativamente pequeña (a excepción de Castellbisbal, pero se debe a una gran zona industrial, la zona residencial tiene una extensión pequeña) y disponer de estaciones de RENFE o FGC (menos Badia del Vallès, la cual se alimenta de las estaciones de Barberà del Vallès y Cerdanyola del Vallès). Finalmente, la Palma de Cervelló, Corbera de Llobregat, el Papiol, Santa Coloma de Cervelló, Ripollet, Cervelló, Sant Climent de Llobregat, Torrelles de Llobregat y Begues presentan índices de accesibilidad inaceptables. Todos los municipios tienen más del 75% de su población sin accesibilidad o con una accesibilidad superior a los 30 minutos, llegando a encontrarse el 100% de su población en esta situación en 3 municipios; Sant Climent de Llobregat, Torrelles de Llobregat y Begues. La gran mayoría de estos municipios se encuentran a una distancia considerable de Barcelona y, además, no disponen de ningún servicio de alta velocidad (FGC o RENFE). Únicamente Santa Coloma de Cervelló, el Papiol y Ripollet (no en el municipio estrictamente, pero muy cerca) disponen de estaciones, lo cual causa que sus porcentajes de población con una accesibilidad decente (menor a los 20 minutos) sean mayores que en los otros municipios.

Por lo que respecta al área abastecida, los municipios con mejor accesibilidad son Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès, Sant Cugat del Vallès, Sant Andreu de la Barca y Pallejà, los cuales presentan entre un 55% y un 75% de su área con una accesibilidad menor a los 30 minutos. De estos municipios, destaca Badia del Vallès, Cerdanyola del Vallès y Sant Cugat del Vallès por tener entre un 10% y un 20% de su área con accesibilidad menor a los 10 minutos. No sorprende ver que estos municipios también presentaban buenos índices de accesibilidad en términos poblacionales. Un poco peor, y con un porcentaje entre 35% y 45% de su área con accesibilidad menor a la media hora, se encuentran Molins de Rei y el Papiol. El caso de Molins de Rei puede sorprender ya que presentaba uno de los mejores índices en cuanto a población, pero en área sus prestaciones bajan considerablemente. Esto se debe a la presencia de áreas residenciales

alejadas del núcleo urbano los cuales no tienen accesibilidad a la red de transporte público. Algo parecido a lo ocurrido en Montcada i Reixac, pero más relevante en términos sociales para este último caso. Finalmente, y en último lugar, se encuentran Barberà del Vallès, Sant Vicenç del Horts, Santa Coloma de Cervelló, Ripollet, Castellbisbal, la Palma de Cervelló, Corbera de Llobregat, Cervelló, Torrelles de Llobregat, Sant Climent de Llobregat y Begues. Todos estos municipios coinciden con los que presentaban peores índices de accesibilidad en el caso poblaciones y los motivos son los mismos, con excepción de Barberà del Vallès y Castellbisbal. En ambos casos esto se debe a la presencia de polígonos industriales de tamaño considerable los cuales no disponen de accesibilidad al transporte público y reducen los índices en términos de superficie. Sin embargo, no se considerará relevante y serán añadidos al grupo con mejor accesibilidad de la segunda corona.

Así pues, dentro de la segunda corona los municipios que presentan mejor accesibilidad son Sant Andreu de la Barca, Sant Cugat del Vallès, Cerdanyola del Vallès y Molins de Rei, seguidos muy cerca por Barberà del Vallès, Castellbisbal, Pallejà, Sant Vicenç dels Horts y Badia del Vallès. Finalmente, en último lugar y con una accesibilidad bastante cuestionable quedan Santa Coloma de Cervelló, Ripollet, la Palma de Cervelló, Corbera de Llobregat, Cervelló, Torrelles de Llobregat, Sant Climent de Llobregat y Begues.

Llegados a este punto, uno puede plantearse si la distinción existente para la primera corona es lógica. Esta división administrativa y tarifaria responde a motivos históricos, sin embargo, si uno se fija en términos de accesibilidad y de distancia los resultados obtenidos son distintos, ya que municipios como Molins de Rei, Sant Cugat del Vallès o Cerdanyola del Vallès presentan mejores índices de accesibilidad que no Gavà, Viladecans o Tiana. Evidentemente, esta decisión debería encontrarse suportada por más motivos como la conectividad y el número de desplazamientos realizados entre cada municipio (demanda), sin embargo, aquí se quiere plantear una nueva división entre la primera y la segunda corona. La vieja y la nueva división son mostradas en la Figura 17 y en la Figura 18, y los cambios realizados son básicamente el paso de Sant Cugat del Vallès, Molins de Rei y Cerdanyola del Vallès a la primera corona y el paso de Castelldefels, Gavà, Viladecans y Tiana a la segunda corona.

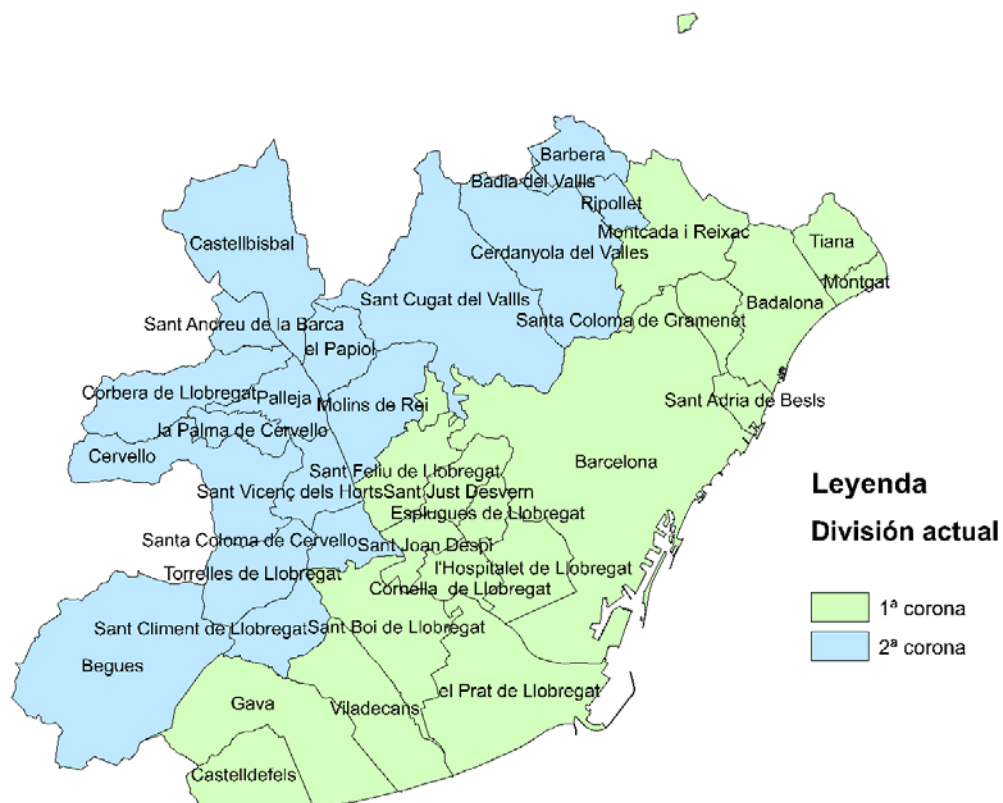


Figura 17. División tarifaria actual en el AMB

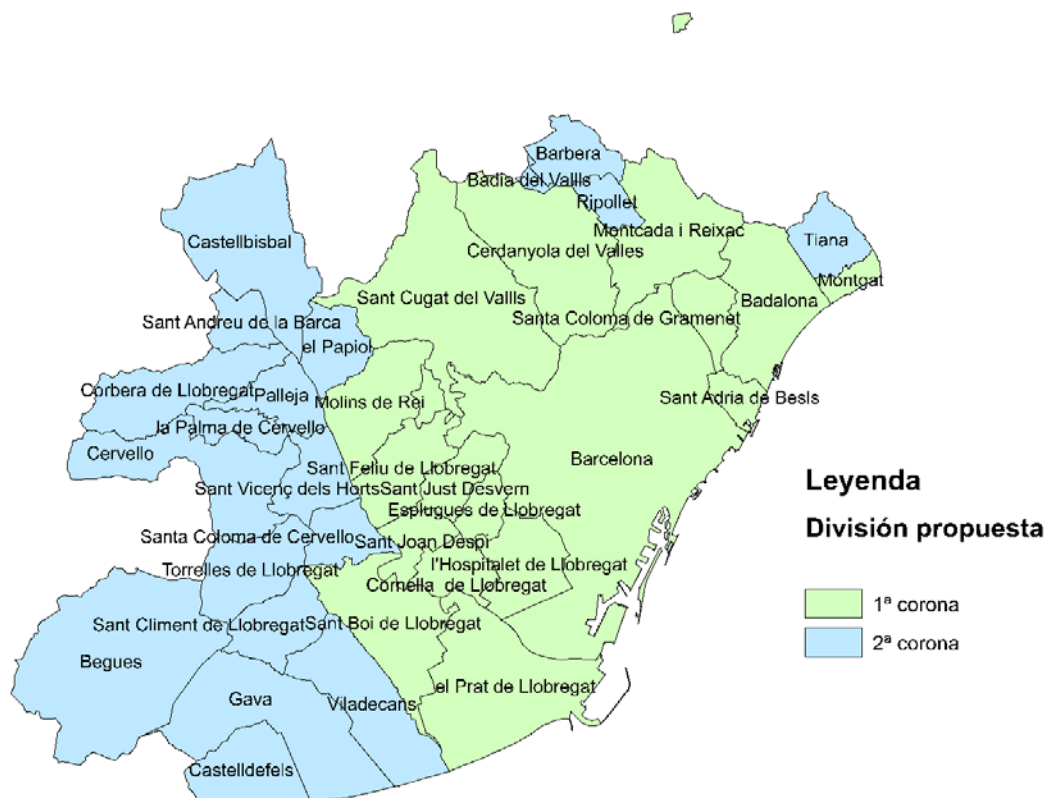


Figura 18. División tarifaria propuesta en el AMB

Para poder apreciar mejor los resultados comentados anteriormente, en el Mapa 12 y el Mapa 13 se muestran las zonas de estudio con las divisiones administrativas actuales y mostrando los porcentajes de población y área respectivamente con accesibilidad por debajo de los 10, 20, 30, 40 minutos y sin accesibilidad. En el Mapa 16 y el Mapa 17 se muestran los mismos resultados, pero con la nueva división administrativa propuesta.

5.5 Accesibilidad equipamientos

5.5.1 Hospitales

En la Tabla 9 se muestra el número de distintas líneas disponible para cada medio de transporte en un radio de 500 metros de los hospitales existentes en el AMB. Es directo ver que todos los hospitales disponen de como mínimo 2 líneas distintas para acceder a ellos. El que dispone de mayor número de líneas es la Mutua Londres que dispone de 12 líneas y sólo hay 4 hospitales con más de 10 líneas disponibles.

Uno de los hechos más relevantes es que la mayoría de los hospitales con mayor número de líneas se hallan en el municipio de Barcelona mientras que de los que disponen de menor número de líneas sólo hay uno ubicado en Barcelona. Esto hace patente la buena accesibilidad y alta disponibilidad de distintos medios de transporte existente en Barcelona y la inferior en el resto de municipios.

En la Tabla 9 se muestra el número total de líneas disponibles de cada hospital conjuntamente con el IA y el EDF de la parcela donde se encuentran.

Tabla 9. Hospitales en el AMB con el número de líneas disponibles, su peso relativo, su IA y su EDF

Hospital	Municipio	Líneas	Peso relativo	IA	EDF
Mutua Londres	Barcelona	12	1,65	6,42	7,79
Hospital de Vall d'Hebrón	Barcelona	11	1,61	3,51	10,89
Hospital Municipal de Badalona	Badalona	10	1,47	3,53	11,40
Hospital Sagrat Cor	Barcelona	10	1,39	6,42	7,79
Hospital Sant Rafael	Barcelona	9	1,35	3,46	11,33
Hospital Sanitas CIMA	Barcelona	8	1,34	6,00	8,09
Hospital Casa Maternitat	Barcelona	8	1,31	5,67	8,85
Centro Medico Delfos	Barcelona	8	1,30	6,17	6,51
Hospital de l'Esperit	Santa Coloma de Gramanet	8	1,22	6,83	5,87
Mutua Copernic	Barcelona	7	1,20	5,67	6,95
Hospital Clinic	Barcelona	7	1,13	3,41	12,57

Fundacio Puigvert	Barcelona	7	1,04	3,41	11,45
Hospital de Sant Pau	Barcelona	7	1,00	3,41	11,45
Hospital del Mar	Barcelona	7	1,00	8,33	5,26
Hospital Plató	Barcelona	6	1,00	5,67	7,43
Centro de Oftalmologia Barraquer	Barcelona	6	0,91	5,67	8,55
Hospital de l'Hospitalet	L'Hospital de Llobregat	6	0,87	3,41	12,70
Hospital Dos de Maig	Barcelona	6	0,87	3,41	10,76
Hospital Moises Broggi	Sant Joan Despi	6	0,87	10,17	4,06
Hospital Sant Joan de Deu d'Esplugues	Esplugues de Llobregat	6	0,78	6,42	4,68
Hospital Germans Trias i Pujol (Can Ruti)	Badalona	6	0,78	8,67	3,46
Hospital Quirón	Barcelona	5	0,67	6,17	7,70
Clinica Corachan	Barcelona	4	0,65	4,67	10,19
Hospital General del Parc de Sant Joan de Deu de Sant Boi	Sant Boi de Llobregat	4	0,54	10,17	4,35
Hospital Asepeyo	Sant Cugat del Valles	3	0,52	7,80	5,71
Hospital de Bellvitge	L'Hospital de Llobregat	3	0,52	3,60	9,80
Hospital de Viladecans	Viladecans	3	0,48	10,17	2,95
Hospital General de Catalunya	Sant Cugat del Valles	2	0,39	15,71	3,12
Hospital de l'Esperança	Barcelona	2	0,26	7,67	5,22
Institut Guttmann Centre de Neurorehabilitacio	Badalona	2	0,26	8,67	3,46

Inicialmente puede parecer que el hospital que disponga de mayor número de líneas dispondrá del mejor IA y EDF, sin embargo, aunque sí que existe esa tendencia, no siempre se cumple. Eso sucede porque tanto el IA como el EDF, especialmente el IA, dan mayor peso a la estación con mejor servicio e ignora las demás. Por lo tanto, si un hospital dispone de muchas líneas, pero ninguna presenta buenos valores de frecuencia o se encuentran todas situadas a una distancia igual y relativamente lejos, su valor de IA será menor que no uno que disponga de una sola línea muy cercana y con buena frecuencia.

En este apartado se intentará evaluar no sólo la accesibilidad, sino también la conectividad de los hospitales, por lo que se le dará un mayor peso al número de líneas disponibles y tanto el IA como el EDF se usarán para obtener más información, pero no como un elemento diferenciador. Otro elemento que se tendrá en consideración es el porcentaje de las líneas de autobuses que sean de autobús. El autobús, en general, es el medio de transporte con menor capacidad y peor frecuencia, por lo que se le dará mayor peso a disponer de una estación de metro, por ejemplo,

a una de autobús. También se usarán las respuestas obtenidas de la encuesta de elección modal realizada para asignar un peso a cada medio de transporte y obtener así un valor numérico para la accesibilidad de cada hospital. Para encontrar dichos pesos, se ha usado el porcentaje de preferencia de cada medio de transporte y se ha normalizado en función del total. Los valores obtenidos son mostrados en la Tabla 10. A continuación, se ha multiplicado el número de líneas disponible para cada medio de transporte por el peso relativo de ese medio y se ha obtenido así el valor numérico que asesora la accesibilidad. Siguiendo esta premisa, se va a proceder a clasificar los hospitales según su conectividad y accesibilidad.

Tabla 10. Porcentaje de preferencia y peso relativo de cada medio de transporte según la encuesta de elección modal realizada

Medio de transporte	% Preferencia	Peso relativo
Metro	33,70%	22%
Tranvía	34,21%	22%
Autobús	19,42%	13%
FGC	40,38%	27%
RENFE	24,53%	16%

En el grupo con mejor accesibilidad se incluyen la Mutua Londres, el Hospital Vall d'Hebrón, la Mutua Copèrnic, el Hospital Municipal de Badalona, el Hospital Sant Rafael, el Hospital Plató, el Hospital Sanitas CIMA, el Hospital Sagrat Cor, el Hospital Casa Maternitat, el Centro de Oftalmología Barraquer, el Centro Médico Delfos, el Hospital de l'Esperit, el Hospital Clínic, la Fundació Puigvert y el Hospital de Sant Pau. Todos ellos disponen de al menos 6 líneas de acceso y la gran mayoría disponen de algún medio de acceso distinto del autobús. Sólo 2 hospitales pueden ser accedidos únicamente en autobús; el Hospital Sagrat Cor y el Hospital de l'Esperit. Justamente estos hospitales coinciden con los hospitales con peor IA de este grupo. Sin embargo, el elevado número de líneas disponibles, 10 y 7 respectivamente, han causado que sean considerados como hospitales con buena accesibilidad. Resulta interesante remarcar que de este grupo sólo 2 hospitales no se hallan en Barcelona, el Hospital Municipal de Badalona y el Hospital de l'Esperit. Este último ya ha sido comentado anteriormente y resalta todavía más su elevado número de líneas considerando que en Santa Coloma de Gramenet no dispone del mismo número de medio de transporte que Barcelona. El Hospital Municipal de Badalona no sólo dispone también de un número elevado de líneas de autobús (9), sino que además dispone de una línea de metro, corroborando su buena accesibilidad.

En el segundo grupo, con una buena accesibilidad, se encuentran el Hospital del Mar, el Hospital de l'Hospitalet, el Hospital Dos de Maig, el Hospital Moises Broggi, el Hospital Sant Joan de Déu d'Esplugues, Can Ruti y el Hospital Asepeyo. Todos ellos disponen de como mínimo 6 líneas de transporte público a excepción del Hospital Asepeyo que dispone de 3. El motivo por el cual el Hospital Asepeyo se encuentre en este grupo es porque dispone de una estación de FGC muy cercana la cual le proporciona de muy buen servicio y le genera buena accesibilidad. En este grupo existen 3 hospitales que sólo disponen de líneas de autobús. Estos son el Hospital del Mar, el Hospital Sant Joan de Déu d'Esplugues y Can Ruti. Todos ellos, por eso, disponen de un buen

número de líneas de autobús lo que les proporciona una buena accesibilidad. Los otros hospitales disponen de un menor número de líneas de autobús, sin embargo, éstas se encuentran complementadas por otro servicio como el metro o el tranvía lo que aumenta su accesibilidad. En términos del IA los resultados son algo dispares. Los hospitales con menor tiempo de acceso son el Hospital de l'Hospitalet y el Hospital Dos de Maig, que son los que disponen de una estación de metro cercana. Por el contrario, el que dispone de peor IA es el Hospital Moises Broggi. Esto puede parecer algo paradójico ya que dispone de una línea de tranvía. El motivo es que la frecuencia de dicha línea es relativamente baja lo que reduce considerablemente su tiempo de acceso.

Finalmente, en el grupo con peor accesibilidad se encuentran el Hospital Quirón, el Hospital General de Catalunya, la Clínica Corachan, el Hospital General del Parc de Sant Joan de Déu de Sant Boi, el Hospital de Bellvitge, el Hospital de Viladecans, el Hospital de l'Esperança y el Instituto Guttmann. Todos ellos disponen de al menos 2 líneas de transporte público y su gran mayoría sólo disponen de acceso mediante autobús. Las excepciones son el Hospital General de Catalunya y el Hospital de Bellvitge. El Hospital General de Catalunya sólo dispone de una estación de FGC. Esto aparentemente debería implicar una buena accesibilidad, sin embargo, al tratarse del único medio de acceso limita en gran medida su accesibilidad. El caso del Hospital de Bellvitge resulta más sorprendente ya que dispone de una estación de metro y un buen IA, pero sólo dispone de 2 líneas de autobús lo que le causa disponer de una accesibilidad más limitada. El resto de hospitales sólo disponen de líneas de autobús y un número bastante reducido lo que reduce su accesibilidad sensiblemente. De este grupo sólo hay 3 hospitales ubicados en Barcelona, la Clínica Corachan, el Hospital Quirón y el Hospital de l'Esperança. Esto contrasta con la buena accesibilidad del municipio de Barcelona, sin embargo, a excepción de la Clínica Corachan, los otros hospitales están situados en terreno montañoso lo que justifica la menor accesibilidad encontrada.

A niveles generales se puede considerar que los hospitales del AMB disponen de una buena accesibilidad con un buen número de líneas disponibles. Los hospitales con peores números generalmente no se encuentran en el municipio de Barcelona, así pues, puede ser que el medio de acceso a ellos sea distinto del transporte público disminuyendo su importancia. Los casos más preocupantes, por lo tanto, serían la Clínica Corachan, el Hospital Quirón y el Hospital de l'Esperança. Especialmente la Clínica Corachan la cual no debería de disponer de ningún impedimento para disponer de una buena accesibilidad.

5.5.2 Universidades

En la Tabla 11 se muestra el número de líneas disponibles para cada centro universitario en el AMB con un radio de influencia de 500 metros. Además, se añade el valor del IA y EDF de la parcela donde se encuentran y el peso relativa a partir de la encuesta realizada, análogamente a lo mostrado para los hospitales.

Tabla 11. Centros universitarios en el AMB con el número de líneas disponibles, su peso relativo, su IA y su EDF

Centro universitario	Líneas	Peso relativo	IA	EDF
Construcción (UPC)	22	3,22	4,00	12,92
Filosofía (UB)	22	3,78	6,22	10,04
Economía y Empresa (UB)	20	2,96	4,00	12,26
Arquitectura Barcelona (UPC)	20	2,96	4,00	12,92
Bellas Artes (UB)	19	2,83	4,00	12,43
Industriales (UPC)	19	2,83	3,51	14,23
Matemáticas (UPC)	19	2,83	5,41	10,48
Matemáticas e Informática (UB)	18	2,79	3,57	14,35
Biología (UB)	17	2,48	3,51	13,32
Geología (UB)	17	2,48	3,51	13,32
Química (UB)	17	2,48	3,51	14,23
Derecho (UB)	16	2,35	5,17	11,01
Biblioteconomía y Documentación (UB)	15	2,28	5,99	9,96
Farmacia (UB)	15	2,22	3,51	13,32
Filología (UB)	14	2,18	3,57	14,35
Geografía e Historia (UB)	14	2,65	6,22	10,04
Campus Nord (UPC)	12	1,56	5,17	9,63
Náutica (UPC)	9	1,29	3,68	11,73
Medicina (UB)	7	0,91	3,41	12,57
Campus de la Ciutadella (UPF)	6	0,96	6,00	8,68
Campus del Mar (UPF)	6	0,78	8,33	5,26
Campus del Poblenou (UPF)	4	0,61	5,67	8,29
Campus Diagonal Besós (UPC)	2	0,44	11,68	4,61
Arquitectura Vallès (UPC)	2	0,26	15,71	2,76
Universitat Autònoma de Barcelona	2	0,54	7,80	5,84
Camps Castelldefels (UPC)	1	0,13	15,33	1,96
Educación (UB)	0	0	3,51	10,21
Psicología (UB)	0	0	3,51	10,21

El análisis realizado para los centros universitarios seguirá el mismo procedimiento que el usado para los hospitales. Se evaluará su accesibilidad mediante el número de líneas y el peso relativo obtenido a partir de las encuestas de elección modal realizadas y se soportará mediante el IA y el EDF. También se realizará una clasificación según su accesibilidad y se comentará qué porcentaje de líneas disponibles son de autobús.

A niveles generales se puede observar que la diferencia existente entre los distintos universitarios es muy elevada, especialmente si se compara con los hospitales. Mientras hay muchos centros universitarios con un elevado número de líneas disponibles (15 centros con al menos 15 líneas disponibles), hay otros que no disponen de un solo medio de transporte para acceder a ellos.

Así pues, en el grupo con mejor accesibilidad se encuentran la facultad de Filosofía, de Economía y Empresa, de Bellas Artes, de Matemáticas e Informática, de Geografía e Historia, de Biología, de Geología, de Química, de Derecho, de Biblioteconomía y Documentación, de Farmacia y de Filología de la UB y las escuelas de Construcción, de Arquitectura de Barcelona, de Industriales y de Matemáticas de la UPC. Todos estos centros disponen de un elevado número de líneas disponible, desde 14 hasta 22. Todos ellos disponen de al menos dos medios de transporte distintos para acceder a ellos, encontrándose la mayoría con 3 y en el caso de la facultad de Filosofía 4. Así pues, ninguno de estos centros depende únicamente del autobús. Además, todos ellos muestran buenos valores de IA y EDF, encontrándose la facultad de Geografía e Historia en el peor lugar, aunque muestra un tiempo de acceso algo superior a los 6 minutos. No sorprende que todos estos centros universitarios se encuentran en el municipio de Barcelona y la gran mayoría de ellos situados muy próximos entre sí y en lugares de buena accesibilidad como son Plaça Catalunya o Zona Universitaria.

En el grupo de buena accesibilidad se encuentra la facultad de Medicina de la UB, el Campus Nord y la facultad de Náutica de la UPC y los Campus de la Ciutadella, del Mar y del Poblenou de la UPF. El número de líneas disponibles en este grupo es algo más variable, siendo 4 el caso más desfavorecido (Campus del Poblenou) y 12 el más favorable (Campus Nord). En este grupo existen 3 centros a los cuales sólo se puede acceder mediante autobús (Campus Nord, facultad de Medicina y Campus del Mar), aunque en todos los casos se dispone de estaciones de metro, aunque situadas a una distancia superior a los 500 metros. Sin embargo, el número de líneas disponibles es bastante elevado en todos los casos y los IA bastante buenos, encontrándose el tiempo de acceso máximo en algo más de 8 minutos para el caso del Campus del Mar.

Finalmente, en el grupo con peor accesibilidad se encuentra la UAB, el Campus Diagonal Besós, Arquitectura del Vallès y el Campus de Castelldefels de la UPC y las facultades de Educación y de Psicología de la UB. En estos casos el número de líneas es muy reducido (2 para los mejores casos y sin accesibilidad para los peores) y su accesibilidad puede ser considerada como deficiente. Si bien en el caso de la UAB se dispone de líneas de FGC o en el Campus Diagonal Besós de una línea de tranvía y otra de metro, esto resulta insuficiente especialmente la capacidad de estudiantes que albergan. Esto significa que un gran porcentaje de estos estudiantes deberán realizar como mínimo un transbordo para poder acceder a su destino final aumentando considerablemente el tiempo de desplazamiento. El Campus de Castelldefels y la escuela de Arquitectura del Vallès sólo disponen de líneas de autobús para su acceso, siguiendo el patrón encontrado para los casos anteriores, pero potenciándolo todavía más. Todos estos centros universitarios se encuentran fuera del municipio de Barcelona, a excepción del Campus Diagonal Besós que se encuentra en su límite con Sant Adrià del Besós. Esto significa que su accesibilidad es buena para la gente que vive en sus cercanías, pero implica un gran hándicap para la gente que debe desplazarse ahí en transporte público. Finalmente, la facultad de Educación y Psicología de la UB no disponen de ningún medio de transporte para acceder a ellas. Bien es cierto que existe una estación de metro, pero se encuentra a más de 500 metros y es una única línea de metro. Es decir, para acceder a ellas la mayoría de la población deberá realizar algún transbordo y una vez haya llegado a la estación andar considerablemente. Esto contrasta con el IA obtenido, aunque este viene condicionado por la estación de metro mencionada anteriormente.

Los resultados obtenidos para la accesibilidad de los centros universitarios son muy dispares. Mientras una gran cantidad de los centros universitarios con una excelente accesibilidad, los restantes muestran una clara falta de accesibilidad. La mayoría concuerdan con centros ubicados fuera de Barcelona o en sus extremos, sin embargo, más que una justificación, esto significa un obstáculo mayor para la gente que deba acceder a ellos. Así pues, resultaría interesante proporcionar de mejores medios de acceso a estos centros universitarios o sino proporcionar buenas zonas de intercambio para intentar minimizar el tiempo de desplazamiento total.

5.6 *Accesibilidad adaptada*

Por accesibilidad adaptada se entiende como la accesibilidad a la cual todo el mundo tiene acceso, es decir, que se halla adaptada para cualquier persona. Esto está pensado para las denominadas Personas con Movilidad Reducida (PMR), las cuales presentan mayores problemas para acceder a según qué medio de transporte dependiendo de las características de éste. En este grupo no se incluye únicamente la gente con discapacidades físicas, sino cualquier persona que, por un motivo u otro, presente una movilidad más reducida de lo estándar. Es decir, una madre o padre con un coche de bebé, una persona con un carro de la compra o con una gran carga o una persona mayor se consideran dentro del grupo del PMR. Si la administración desea presentar un servicio de transporte público equitativo, entonces todas las estaciones o vehículos deberían de disponer un acceso adaptado para este colectivo. Esta es una tendencia existente en el AMB y, de hecho, la gran mayoría de estaciones presentan las adaptaciones necesarias. Sin embargo, en el presente trabajo se ha decidido comprobar hasta qué punto era así. Para ello se ha comparado el tiempo de acceso para la red de transporte público adaptado y el tiempo de acceso de la red normal. En el Mapa 20 se muestra la diferencia obtenida entre ambos tiempos, donde los colores implican cuánto más tardan en acceder las personas del colectivo PMR o, directamente, qué zonas pierden la accesibilidad. El Mapa 21 muestran las diferencias para el caso del EDF donde además se ve qué puntos pierden capacidad de intercambio debido a la falta de adaptación.

Antes de extraer algún resultado, comentar que tanto el autobús como el tranvía presentan una completa adaptabilidad. El metro, RENFE y FGC dependen de la estación en cuestión, aunque metro y FGC presentan porcentajes de adaptabilidad muy elevados. El caso de RENFE es el peor, aunque últimamente se están implementando servicios para poder satisfacer las necesidades de la población. No obstante, el hecho que RENFE presenta los peores números puede resultar muy significativo ya que hay un número no despreciables de municipios, principalmente los situados más en los límites del AMB, cuya accesibilidad depende directamente del servicio proporcionado por RENFE, por lo que corren el riesgo de hallarse sin accesibilidad en caso de encontrarse en el colectivo PMR.

De estos mapas se puede ver que la accesibilidad en el municipio de Barcelona permanece prácticamente igual, con un ligero aumento del tiempo de acceso. Exactamente, un 66% de las parcelas de Barcelona tienen un aumento menor a los 5 minutos para acceder a la red de transporte público. Este porcentaje es elevado, ya que significa que la mayoría de la población PMR de Barcelona tarda más a acceder al transporte público. El objetivo debería ser claramente

total igualdad, pero tardar 5 minutos es algo aceptable, ya que mucha de esta población sigue presentando mejores índices de accesibilidad que muchos de los municipios que conforman el AMB. Hay dos puntos donde estos tiempos aumentan ligeramente pudiendo tardar hasta 10 minutos más; el primero corresponde a la zona de Ciutat Vella, ya que la estación de Jaume I no está adaptada, el segundo se halla en Sant Martí y es causado por la estación de Poblenou (ambas corresponden al metro). En el caso de Poblenou no debería resultar muy preocupante, ya que su implementación será cosa de tiempo y no existe ningún impedimento físico. Jaume I, sin embargo, puede resultar más problemático, ya que se halla en una zona de carácter histórico y con un uso muy exhaustivo del suelo, hecho que puede dificultar su adaptación. No obstante, los resultados obtenidos en Barcelona son muy buenos y con un pequeño trabajo de remodelación en el futuro podría adaptarse casi en su totalidad.

Respecto al EDF, las pérdidas más significativas se concentran alrededor del centro de Barcelona, especialmente en el eje de Passeig de Gràcia, Plaça Urquinaona y Jaume I. En este eje existe una disminución considerable del EDF. Este eje resulta bastante importante ya que supone un punto de intercambio entre metro y RENFE principalmente, por lo que limitaría mucho su potencial para el colectivo PMR. Otro punto que sufre una gran pérdida es La Sagrera, otro punto de especial relevancia para el intercambio entre la RENFE y el metro. Lo mismo sucede para la estación de RENFE en l'Hospitalet de Llobregat y en menor medida para Cornellà Centre. Esto resulta muy relevante ya que implica una barrera significativa para acceder a Barcelona para el colectivo PMR que usa la RENFE. Se debería, por lo tanto, intentar dotar de alguna de estas estaciones de las características adecuadas para así facilitar los desplazamientos hacia Barcelona a través de la RENFE para este colectivo. Otro eje que presenta una clara pérdida de accesibilidad es la carretera de Sants y Paralel, con varias de sus estaciones, Plaça Espanya incluida, sin la adaptación necesaria. En Plaça Espanya esto significa la pérdida de intercambio entre FGC y metro, mientras que en el resto de puntos significa una pérdida de accesibilidad del colectivo PMR para esa zona. Interesa no concentrar los puntos con falta de accesibilidad ya que esto puede suponer un gran hándicap para la gente que tenga la necesidad de moverse por esas zonas ya que se les impide de usar una alternativa viable cercana. Finalmente, otro punto conflictivo es la estación de Vallcarca. Mientras su capacidad de intercambio es bastante reducida, el hecho de localizarse en terreno montañoso acentúa esta pérdida de accesibilidad. En general los terrenos montañosos presentan calles con elevados pendientes que dificultan el desplazamiento de la gente, por lo tanto, si una persona con movilidad reducida debe desplazarse más en estas condiciones puede provocar que acabe por no usar el transporte público.

Por lo que respecta a los otros municipios que conforman el AMB, se puede observar que existen distintas fuentes de falta de accesibilidad distribuidas a lo largo del AMB. Estas generalmente están causadas por la RENFE, ya que es el medio con menor índice de adaptación y mayor importancia en dichos municipios. Además, en RENFE la frecuencia de paso de los trenes adaptados es distinta a la normal (dicho de otro modo, no todos los trenes están adaptados), motivo por el cual existe una reducción del tiempo y no una falta de accesibilidad. Los municipios que se ven más afectados por la falta de adaptación son el Papiol, Montcada i Reixac, Barberà del Vallès y Badia del Vallès. Esto viene causado por la existencia de 3 estaciones sin adaptación; el Papiol, Montcada i Reixac i Barberà del Vallès (Badia del Vallès usa la estación de Barberà del Vallès para tener acceso al transporte público). En el caso de el Papiol y Barberà del Vallès esto

implica que alrededor de un 10% de sus parcelas no disponen de accesibilidad para el colectivo PMR y en Montcada i Reixar y Badia del Vallès el 5%. Esto supone un problema, ya que estos municipios ya presentaban una accesibilidad bastante reducida (especialmente el Papiol) lo que significa que esta situación implica un gran problema para el colectivo PMR para acceder al transporte público obligándoles a relegar a otro medio de transporte. Estos mismos resultados se pueden observar en el mapa del EDF, aunque no resultan tan significativos debido a la falta de capacidad de intercambio de dichas zonas.

Por lo que respecta al aumento del tiempo de acceso al transporte público para el colectivo PMR, los municipios que se hallan en peor lugar son Montcada i Reixac y Molins de Rei, con un 42% y un 20% de sus parcelas con más de 5 minutos de tiempo extra para acceder al transporte público. Esto significa que una gran mayoría de su población vería reducida su accesibilidad significativamente si entrara en el colectivo PMR. En los otros municipios su afección sería mayor o menor, aunque en ningún caso llega a los niveles mostrados por estos municipios. La tendencia muestra, sin embargo, que los municipios más alejados son los que sufren un cambio mayor en términos de adaptación. Esto supone un problema ya que generalmente estos municipios ya presentaban unos índices de accesibilidad bastante pobres, de modo que se limita mucho más la movilidad a un colectivo que, de por sí, ya presenta problemas en el mismo sentido.

Así pues, de este mapa se puede extraer que la situación en Barcelona y sus municipios más cercanos en términos es generalmente buena, con algunos focos de peor accesibilidad, pero poco relevantes para la movilidad interna de Barcelona. Mención especial requiere Vallcarca por sus características orográficas. Por el contrario, la situación para los municipios más en el extrarradio la situación es bastante preocupante. Esto es debido principalmente a tres motivos; el primero es la ya mala accesibilidad de estos municipios, el segundo es la gran pérdida de accesibilidad para el colectivo PMR y el último la dificultad que existe para realizar un intercambio de medio de transporte una vez se ha accedido a Barcelona. Esto puede traducirse en muchos casos en índices de accesibilidad insuficientes y pueden causar la imposibilidad de moverse o la elección de otro medio de transporte diferente al transporte público.

5.7 Últimas inversiones y futuras inversiones

Finalmente, se ha querido mostrar que esta herramienta puede servir para asesorar el planeamiento de las infraestructuras del transporte público. Por ello, se ha analizado las últimas inversiones realizadas en este ámbito y de otras futuras ya aprobadas o de gran ruido mediático. Más concretamente, se han analizado 2 casos; primero, el implemento de la línea 9 del metro y el segundo será el tranvía.

Para la línea 9 del metro se ha comparado la accesibilidad del AMB antes de su implementación, la mejora que ha causado la construcción realizada hasta a día de hoy y su accesibilidad una vez esté finalizada o según la planificación inicial, es decir, añadiendo las estaciones que todavía deben construirse. En el caso del tranvía, se analizará por un lado el impacto en términos de accesibilidad de las líneas existentes en la actualidad y, luego, el impacto que tendría la unión de ambas líneas. El impacto de la unión entre ambas líneas se ha decidido realizar a partir de

dos alternativas; la primera que se unan a través de la Diagonal y la segunda que se unan a través del Eixample, a través de Compte d'Urgell y Gran Via de les Corts Catalanes.

Los resultados obtenidos para cada caso (L9 actual, L9 futura, tranvía actual y unión de las líneas de tranvía) se muestran desde el Mapa 22 hasta el Mapa 45. Los resultados mostrados siguen el mismo patrón explicado para la accesibilidad adaptada, aunque en este caso los colores implican una mejora en el tiempo de acceso para el IA o de capacidad de intercambio para el EDF.

Los resultados obtenidos para la parte de la L9 que se encuentra construida a día de hoy muestran una mejora notable del tiempo de acceso en el aeropuerto y en la zona de l'Hospitalet de Llobregat cercana a la Fira. Esto viene causado por la presencia de un servicio con mala frecuencia en el caso del aeropuerto y la ausencia de servicio para la Fira. En el otro extremo de la línea, en Santa Coloma de Gramenet, también existe una mejora del tiempo de acceso significativa a causa de la falta de transporte público de calidad. Finalmente, la parte que discurre por Barcelona muestra una mejora del tiempo de acceso mínima. La explicación a ello es la presencia de estaciones de metro en ese mismo punto o muy cercanas que ya proporcionan una buena accesibilidad a esas parcelas. Los resultados en términos de EDF muestran unos valores muy parecidos. Esto significa que esta línea no genera puntos de intercambio. Si bien se ha comentado que existían puntos con buen servicio de metro, conviene recordar que el EDF sólo destaca los puntos con potencial de intercambio entre distintos medios de transporte, por lo que el intercambio entre líneas de metro no contabiliza y de ahí que dichos puntos muestran una mejora muy baja. Así pues, en términos de accesibilidad se puede decir que la línea 9 supone una mejora buena en los municipios de Santa Coloma de Gramenet y l'Hospitalet de Llobregat. También mejora el tiempo de acceso al aeropuerto y, además, de un mayor número de líneas para su acceso. En estos tramos, por lo tanto, la línea 9 se puede considerar como una inversión rentable. En el tramo más central, sin embargo, las mejoras que implica son ínfimas ya que muchas veces ya existe otra estación de metro, por lo que no resulta justificable. En términos de conectividad podría resultar muy interesante ya que permite conectar zonas que antes no disponían de conexión, sin embargo, esto cae fuera del alcance del presente trabajo.

Por el contrario, los resultados obtenidos para las estaciones que faltan por construir muestran una mejora del tiempo de acceso mínimo. Únicamente las estaciones en zonas montañosas muestran una cierta mejora de accesibilidad debido a su falta de accesibilidad general y pequeñas zonas de la zona franca donde la oferta de transporte público es muy pobre. Sin embargo, a nivel global representa una mejora demasiado baja para justificar su inversión. Sin embargo, los resultados en términos de EDF son mucho más favorables, con la mayoría de las estaciones mostrando un aumento de su potencial de intercambio. Esto es especialmente significativo en el eje Sarrià-Hospital de Sant Pau, la cual era una de las zonas con peores valores de accesibilidad dentro del municipio de Barcelona. Esto sucede por dos motivos; primeramente, por la integración en una misma estación de FGC y metro (Sarrià y el Putxet) y, en otros lados, por añadir este medio de transporte en zonas limitadas exclusivamente al bus. Esto último es lo que sucede también en la Zona Franca donde anteriormente se disponía de un servicio de transporte público muy pobre, únicamente autobús, y con la construcción de ese tramo se proporciona una mejora significativa de esa zona. Todos estos resultados no hacen más que remarcar el concepto de la línea 9 como una línea que mejora la conectividad del municipio de Barcelona, ya que genera muchos puntos con potencial de intercambio modal,

mientras que sus mejoras en términos de accesibilidad son muy limitadas. Así pues, a falta de un estudio de conectividad, las mejoras en accesibilidad son muy bajas para la justificación de su inversión, especialmente en su tramo central.

Los resultados obtenidos para la implementación del tranvía son casi opuestos para las dos líneas existentes. En ambos casos, su afección en Barcelona en términos de accesibilidad es casi nula, sin embargo, el Trambaix implica una mejora de la accesibilidad por todos los municipios por donde pasa, reduciendo significativamente el tiempo de acceso a la red de transporte público y hasta dotando de accesibilidad a algunas zonas. Por el contrario, la mejora del Trambesos, es más reducida y se focaliza principalmente en una zona de Sant Adrià del Besòs próxima a la playa. Resulta interesante en este caso analizar la diferencia de EDF generada por la implementación del tranvía. Puede observarse que los resultados son bastante parecidos a los obtenidos en el caso del Índice de Accesibilidad, sin embargo, en la parte donde circula el Trambaix por la Diagonal existe una mejora significativa del EDF, lo que significa una mejora de su potencial de intercambio o, en este caso, de corredor. Es decir, la implementación del Trambaix no sólo ha mejorado la accesibilidad de los municipios por los que pasa, sino que además ha ayudado a fomentar la Diagonal como un corredor del transporte público y, consecuentemente, del flujo de personas. Esto parece lógico por la situación de dicha calle en el municipio de Barcelona, sin embargo, anteriormente no presentaba las condiciones necesarias en transporte público para serlo. En el caso del Trambesos no se evidencia ninguna mejora en ningún lugar. Quizás el lugar más potenciado es Glories, sin embargo, en la actualidad no presenta las características para ser un punto de intercambio. Bien es cierto que las obras que están realizando permitirán la remodelación de dicho espacio y quizás consigue que se convierta en un intercambiador ya que dispone de una situación estratégica, así que a largo plazo podría definirse como una inversión interesante, pero a día de hoy no es ese el caso. Así pues, es fácil ver que la implementación del Trambaix respecto a los criterios técnicos es mejor que no la del Trambesos.

Por lo que respecta a la unión de las líneas de tranvía existentes, según el índice de accesibilidad, la mejora opción es la unión mediante el Eixample y no mediante la Diagonal. Esta decisión viene motivada por la poca mejora proporcionada por la alternativa de la Diagonal. Esto probablemente puede ser explicado por la presencia de varias líneas de autobús que recorren la Diagonal y que tienen buenas frecuencias de paso, mientras que en el Eixample las líneas de autobús y metro se encuentran repartidas más uniformemente en el territorio haciendo más evidente la mejora en ese tramo. En términos de EDF, los resultados obtenidos son muy parecidos, aunque los resultados para la alternativa del Eixample parecen algo mejores que para el caso Diagonal. Así pues, en términos de accesibilidad resulta evidente que la unión a través del Eixample implica una mejora superior que la unión a través de la Diagonal. Sin embargo, si la administración desea seguir potenciando la Diagonal como corredor de personas, se debería considerar dicha opción y realizar un buen plan que potencie dicho concepto y lo convierta en una realidad factible. Sin ninguna mejora añadida, la unión del tranvía por la Diagonal por sí sólo no conseguirá generar este efecto y podría acabar suponiendo una inversión contraproducente. Sin embargo, este debate cae fuera de los límites del presente trabajo y, por tanto, se deja para la reflexión de cada persona.

6 Conclusiones

El principal objetivo del presente trabajo es desarrollar una herramienta que permite analizar y ayudar a la planificación del transporte público en términos de accesibilidad en el ámbito del AMB. Para ello, se han realizado mapas de accesibilidad de cuyo estudio se han obtenido las conclusiones que se indican a continuación. También se ha analizado la accesibilidad adaptada y la de los equipamientos más relevantes conjuntamente con el impacto que han tenido las últimas inversiones y futuras.

Los resultados obtenidos dejan ver que existe una gran desigualdad en términos de accesibilidad en el AMB. Mientras Barcelona presenta unos índices de accesibilidad muy buenos, lo cual resulta lógico y coherente considerando que es el núcleo del AMB y donde se contabilizan mayor número de desplazamientos, a medida que nos alejamos de ella, los índices empiezan a reducirse de forma preocupante. En la primera corona, o antigua Entitat Metropolitana del Transport, estos índices todavía presentan valores aceptables, especialmente los municipios más cercanos a Barcelona y que comparten parte de su servicio de transporte público (metro especialmente y, en menor medida, el tranvía). Sin embargo, los municipios más lejanos empiezan a mostrar serios problemas de accesibilidad. Este es el caso de la mayoría de municipios de la segunda corona y, en general, de los municipios que dependen del servicio de RENFE o del autobús. En estos casos los índices encontrados son excesivamente bajos, con la mayoría de su población y área sin accesibilidad o con un tiempo de acceso al transporte público superior a los 30 minutos. Si bien la población y número de desplazamientos de estos municipios es muy inferior al de los municipios que conforman la primera corona, esto puede suponer un problema ya que gran parte de esta población puede sentir que no disponen de acceso al transporte público o que no les sale rentable, buscando de esto modo otra alternativa como el transporte privado. Esta percepción, aparte de los problemas medioambientales que implica, también puede ir acompañada de un sentimiento de desigualdad, el cual es opuesto al concepto de área metropolitana. Así pues, si el deseo de la administración es ofrecer un buen servicio de transporte público equitativo e igualitario, una de sus prioridades debería ser la mejora de accesibilidad en los municipios más lejanos de Barcelona del AMB.

En términos de accesibilidad adaptada (transporte público al cual todo el mundo puede acceder, es decir, el colectivo de personas con movilidad reducida (PMR) puede valerse por sí mismo) las conclusiones extraídas anteriormente se mantienen y acentúan todavía más, haciendo más patente la desigualdad existente entre Barcelona, la primera corona y la segunda corona. Esto viene causado porque el medio de transporte menos adaptado es la RENFE que es, al mismo

tiempo, el medio de transporte del que los municipios más en el extrarradio dependen. Hay varios casos donde el municipio pierde gran parte de su (poca) accesibilidad por la falta de adaptación de sus estaciones. Este hecho reafirma la poca igualdad del transporte público, ya que entorpece o priva de su acceso a la gente con menor movilidad. De este modo, al igual que en el caso anterior, uno de los objetivos a largo plazo de la administración debería ser dotar de una buena y adaptada accesibilidad de los municipios en peores condiciones.

Las conclusiones extraídas hasta el momento no pretenden hacer una crítica destructiva del servicio de transporte público existente, sino resaltar sus puntos débiles para así poder mejorarlos y crear un mejor servicio que sea ejemplar en el ámbito internacional. Prueba de ello son los buenos niveles de adaptación mostrados por el transporte público del AMB y que se encuentra al nivel de pocas regiones metropolitanas en el ámbito europeo, pero el objetivo debe ser siempre buscar la excelencia y la mejora a partir de la experiencia y el análisis técnico del transporte.

El análisis de los hospitales del AMB muestran unos niveles de accesibilidad buenos y bastante homogéneos. Generalmente los hospitales situados en el municipio de Barcelona muestran unos niveles de accesibilidad superiores al resto de hospitales. Esto es una consecuencia de la mejor accesibilidad de Barcelona. Sin embargo, estos resultados no son preocupantes ya que los hospitales situados fuera de Barcelona probablemente serán accedidos andando y no a través del transporte público. Así pues, se puede concluir que a rasgos generales la mayoría de hospitales presentan una accesibilidad acorde a sus necesidades. Los hospitales que presentan peores índices sin justificación alguna son el Hospital Quirón, el Hospital de l'Esperança y la Clínica Corachan. Todos ellos se encuentran Barcelona y con unos índices de accesibilidad muy pobres. En el caso del Hospital Quirón y el Hospital de l'Esperança viene justificado por encontrarse en terreno montañoso, mientras que la Clínica Corachan es por falta de medios de transporte. Así pues, estos hospitales deberían de intentar dotarse de una mejor accesibilidad al transporte público.

Por lo que respecta a los centros universitarios, los resultados obtenidos son muy dispares. Mientras la gran mayoría de centros presentan unos índices de accesibilidad muy buenos y muy superiores a los obtenidos para los hospitales, existe un grupo de centros universitarios que presentan una accesibilidad deficiente. Entre los centros universitarios con peor accesibilidad se encuentran la mayoría de centros universitarios situados fuera de Barcelona, al igual que en el caso de los hospitales. Sin embargo, para los hospitales esto respondía a una razón lógica del medio de transporte empleado para su acceso. Ésta no puede ser aplicada para el caso de los centros universitarios, ya que una persona raramente puede escoger a qué centro universitario ir. Así pues, la localización de estos centros universitarios supone un impedimento mayor para su acceso, muchas veces obligando a la realización de algún transbordo y aumentando considerablemente el tiempo total de desplazamiento. Éste es el caso del Campus Diagonal Besós, la facultad de Arquitectura del Vallès, la Universitat Autònoma de Barcelona y el Campus de Castelldefels. El centro universitario con peor accesibilidad, sin embargo, se trata de la facultad de Psicología y Educación de la Universitat de Barcelona (UB). En el estudio realizado no existe ningún medio de transporte a un radio igual o menor a los 500 metros. Expandiendo el radio se encuentra una estación de metro, pero al tratarse de una única línea, obligará a mucha gente a realizar un transbordo. Esto aumenta el tiempo total de acceso hasta dichas

facultades el cual todavía es mayor a causa del tiempo empleado en andar desde dicha estación de metro y la propia facultad.

De todas las inversiones en infraestructuras del transporte público realizadas hasta el momento, la que ha supuesto una mayor mejora en términos de accesibilidad ha sido el Trambaix. Esta infraestructura no sólo ha supuesto una mejora considerable de la accesibilidad de los municipios del Baix Llobregat por donde pasa, sino que además ha servido para potenciar el concepto de la Diagonal como corredor de flujo de personas. La línea 9 del metro es justificable en términos de accesibilidad en sus extremos únicamente, donde dota de accesibilidad zonas que anteriormente no disponían, como la Zona Franca, una zona de Sant Adrià del Besòs y l'Hospitalet de Llobregat y, sobretodo y de mayor importancia, el Aeropuerto de Barcelona. El tramo central, el cual todavía está por construirse, supone una mejora mínima donde se acaba de abastecer las zonas con peor accesibilidad del municipio de Barcelona (las cuales ya disponían de buena accesibilidad) y genera algunos puntos de intercambio en la parte superior de Barcelona. Aunque en ningún momento se puede considerar una mejora suficiente como para justificar la inversión. De todas las inversiones, la menos justificable es el Trambesòs. Sin bien es cierto que genera una mejora de accesibilidad en una zona donde antes no se disponía (Sant Adrià del Besòs), esta mejora es mínima y en el resto de su dominio no genera ninguna mejora sustancial. Así pues, se puede afirmar que la inversión realizada en su día en el Trambaix supuso una buena inversión con una mejora sustancial de accesibilidad, mientras que el Trambesòs resulta injustificable en términos de accesibilidad. La línea 9, por su parte, la parte realizada a día de hoy responde a razones de necesidad, por lo que es justificable, y la parte que falta en la Zona Franca puede ser una buena inversión a largo plazo si se desea generar una atracción de viajes de trabajo en esa zona. Sin embargo, la zona central sería mejor si se desestimara ya que la mejora que supone es mínima y con ese presupuesto se podrían abastecer zonas con mayor necesidad y donde las mejoras sean muy superiores.

Finalmente, por lo que respecta al modelo, se puede considerar que los resultados obtenidos son consistentes con la realidad y puede ser empleada como una herramienta para el análisis de la red de transporte público y su futura planificación. Sus puntos más favorables son su simplicidad y su rapidez, la cual permite obtener rápidamente una idea cualitativa del estado de la red. También proporciona resultados fácilmente comprensibles para cualquier persona, técnica o no, lo que aumenta su rango de implementación. La falta de datos públicos más exhaustivos sobre el uso del suelo supone una limitación para el análisis más detallado de la accesibilidad. Obtener esta información permitiría la evaluación de la accesibilidad no sólo en términos de población y área, sino en términos de puestos de trabajo, zonas comerciales o zonas recreativas. Además, con un tratamiento de los resultados es fácil obtener resultados cuantitativos fijando unos límites de calidad a partir del Índice de Accesibilidad. Sin embargo, conviene no olvidar que esta herramienta es insuficiente por sí sola, ya que no evalúa la conectividad. Así pues, el primer paso a realizar es complementar la presente herramienta con otra que asesore esta característica. Su función es la de dar una primera idea aproximada de la accesibilidad en términos sencillos y al alcance de todo el mundo.

A modo de resumen, la accesibilidad del transporte público en el AMB es, a niveles generales, buena, sobretodo en la primera corona y especialmente en el municipio de Barcelona. Presenta unos niveles de adaptación más que aceptables al igual que los equipamientos públicos

evaluados. En la segunda corona los niveles bajan drásticamente, hecho que puede suponer un impedimento y desmotivación para su población a la hora de usar el transporte público. Así pues, si se desea tener una red de transporte público equitativa debería intentarse mejorar la accesibilidad de dichos municipios siempre dotándola de estaciones adaptadas para garantizar la accesibilidad de todos los colectivos.

7 Líneas de futura investigación

Finalmente, resulta interesante finalizar este trabajo con líneas en las cuales se podría investigar para tal de poder mejorar la herramienta presentada en el presente trabajo y así poder obtener resultados mejores y más significativos.

El primer punto en el cual se debería dedicar más tiempo es en la generación de una herramienta que asesorara la conectividad o integrar dicho cálculo en el presente modelo. Esto permitiría poder analizar correctamente y globalmente la red de transporte público y, por sí sola, obtener conclusiones sobre qué puntos disponen de mejor servicio y qué inversiones generan mayor beneficio. La metodología a seguir sería bastante parecida a la empleada en el presente modelo, sin embargo, se debería de generar la red de transporte público en la cual se basaría. Esto puede suponer una gran inversión de tiempo, pero a largo plazo supondría un gran beneficio en de tiempo y de dinero. Una de los indicadores de conectividad más comunes y muy representativo son los mapas de tiempo. Un mapa de tiempo consiste en evaluar el área accesible desde un punto fijando un límite de tiempo. Cuanto mayor sea el área abarcada, mejor conectividad dispondrá ese punto. Esto podría ser combinado con el IA, el cual indica el tiempo de acceso a la red de transporte público, y se podría obtener el área desde cualquier punto del mapa. Así pues, el indicador final del servicio de la red de transporte público sería el área abarcada total.

Otra posible línea de investigación es la implementación del modelo WALC en el presente modelo. Esta implementación debería ser relativamente sencilla. Se debería realizar un trabajo de campo con la realización de un número significativa de encuestas a partir de las cuales se determinarían los pesos para las distintas características de las calles. Entre las características a considerar podrían incluirse el pendiente de las calles, el flujo de tránsito de las calles a travesar, la luminosidad de las calles y la tipología de paradas. Además, se podría intentar modelar la elección modal, para así dar un peso diferente a los distintos medios de transporte según los resultados obtenidos. Esto ya ha sido iniciado en el presente trabajo con la encuesta realizada, sin embargo, la población debería aumentarse y asegurarse que los resultados obtenidos son significativos.

Un elemento que se podría incluir en el modelo sería la variable temporal, es decir, incluir una variación de las frecuencias (y disponibilidad) de los distintos medios de transporte según la franja horaria considerada, pudiendo de este modo analizar la red no sólo de forma global, sino para situaciones particulares e intentar modelar el exceso de capacidad experimentado en ciertos puntos para ajustar así la oferta a la demanda. Esto podría resultar muy útil para las horas

punta, donde se llega a rebasar la capacidad de los medios de transporte o para eventos esporádicos que aumenten de forma significativa la demanda, como por ejemplo los partidos del FC Barcelona en el Camp Nou.

Finalmente, se podrían incluir en el mapa de las parcelas información importante sobre cada parcela, como por ejemplo otros equipamientos, o datos más relevantes sobre el uso del suelo para así poder extraer más conclusiones de forma más sencilla y realizar análisis más significativos. Un punto que podría resultar de interés sería el número de plazas de aparcamiento disponibles por zona de vivienda, la cual podría depender de los índices de accesibilidad obtenidos para dicha zona, de modo que si se dispone de un buen servicio de transporte público se intente potenciar dificultando el uso del transporte privado y viceversa. Este tema también se ha intentado abordar en el presente trabajo, sin embargo, la falta de datos de partida, tanto en términos de plazas de aparcamiento o un uso más exhaustivo del suelo ha imposibilitado su aplicación.

La gran mayoría de estas mejoras necesitan de un gran trabajo de campo inicial que puede resultar algo correoso y pueden desmotivar a uno a continuar con ellos. Pero si uno consigue anteponerse a dichas dificultades, los resultados obtenidos pueden suponer una gran mejora de la herramienta y permitiría disponer de una herramienta para asesor el nivel del transporte público sin límite y con pocas necesidades de mantenimiento a largo plazo.

8 Referencias

- Autoriar del Transport Metropolità. (2002). *Memòria 2001*. Disponible en <http://www.atm.cat/web/pdf/ca/memoria2001/files/assets/basic-html/page1.html>
- Ferreira da Silva, C. (2008). *Comparative Accessibility for Mobility Management: The Structural Accessibility Layer*. Porto: Faculty of Engineering of the University of Oporto.
- García-Palomares, J., Gutiérrez, J., & Cardozo, O. (2013). Walking accessibility to public transport: an analyss based on microdata and GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1087-1102.
- Hull, A., & Karou, S. (2012). Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility (SNAPTA). En A. Hull, C. Silva, & L. Bertolini, *COST Action TU1002 - Accessibility Instruments for Planning Practice* (págs. 183 - 188).
- Hull, A., Silva, C., & Bertolini, L. (2012). *COST Action TU1002 - Accessibility instruments for Planning Practice*. COST Office.
- Jones, P., Titheridge, H., Wixey, S., & Christodoulou, G. (2006). 'WALC': Measuring pedestrian access to local bus and rail stations, taking into account traveller perceptions. *11th International Conference on Travel Behaviour Research* (págs. 16-20). Kyoto: The Expanding Sphere of Travel Behaviour Research.
- Larsson, A., & Elldér, E. (2014). *Accessibility Tool for Road and Public Transport Travel Time Analysis in Västra Götaland*. Gothenburg: University of Gothenburg.
- Papa, E., Silva, C., te Brömmelstroet, M., & Hull, A. (2016). Accessibility intruments for planning practice: A review of European experiences. *The Journal of Transport and Land Use*, 57-75.
- Transport for London. (2015). *Assessing transport connectivity in London*. Obtenido de <http://content.tfl.gov.uk/connectivity-assessment-guide.pdf>